

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Marcelo da Silva

ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO: UMA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA APOIADA NAS
TECNOLOGIAS E NA EXPERIMENTAÇÃO

Passo Fundo

2016

Marcelo da Silva

ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO: UMA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA APOIADA NAS
TECNOLOGIAS E NA EXPERIMENTAÇÃO

A Banca Examinadora abaixo APROVA a Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – Mestrado Profissional da Universidade de Passo Fundo, como parte da exigência para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, na linha de pesquisa Tecnologias de informação, comunicação e interação aplicadas ao ensino de Ciências e Matemática.

Prof. Dr. Marco Antonio Sandini Trentin – Orientador
Universidade de Passo Fundo

Profa. Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa – Coorientadora
Universidade de Passo Fundo

Prof. Dr. Luiz Eduardo Schardong Spalding
Universidade de Passo Fundo

Prof. Dr. Italo Gabriel Neide
Centro Universitário Vale do Taquari de Ensino Superior – Univates

CIP – Catalogação na Publicação

S586e Silva, Marcelo da
Eletrodinâmica no ensino médio: uma sequência didática apoiada nas
tecnologias e na experimentação / Marcelo Silva. – 2016.
75 f. : il. ; 30 cm.

Orientação: Professor Dr. Marco Antonio Sandini Trentin.
Coorientação: Professora Dra. Cleci T. Werner da Rosa.
Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) –
Universidade de Passo Fundo, 2016.

1. Física (Ensino médio). 2. Didática. 3. Eletrodinâmica. 4.
Educação – Métodos de ensino. I. Trentin, Marco Antonio Sandini,
orientador. II. Rosa, Cleci Teresinha Werner da, coorientadora. III. Título.

CDU: 537

Catalogação: Bibliotecária Marciéli de Oliveira - CRB 10/2113

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e sabedoria para fazer escolhas promissoras na minha vida.

À minha família, pela compreensão nos momentos em que não pude me fazer presente, pelo incentivo, apoio e por compartilharem comigo os altos e baixos do desenvolvimento dessa dissertação e do produto educacional.

Ao orientador, professor Dr. Marco Antonio Sandini Trentin, pelas sugestões, pelos apontamentos e pelas correções ao longo dessa etapa.

À coorientadora, professora Dra. Cleci T. Werner da Rosa, pela disposição, paciência, dedicação e conselhos prestados durante a construção deste trabalho, sempre solícita em me atender não importando a ocasião e o horário.

A todos os professores do Mestrado Profissional de Ensino de Ciências e Matemática da UPF, que contribuíram para a minha formação e proporcionaram um aprendizado muito significativo que levarei para o meu trabalho.

Aos meus colegas da primeira turma de Mestrado Profissional, pelos momentos de alegria, conhecimentos e experiências compartilhadas.

Aos meus queridos estudantes do terceiro ano do Instituto Estadual Cecy Leite Costa, concluintes no ano de dois mil e quinze, pelo interesse, pela dedicação e participação em nossos encontros e, também, por fazerem o meu trabalho ter sentido.

“Há duas maneiras de viver a vida: a primeira é pensar que nada é um milagre, a segunda é pensar que tudo é um milagre. Do que estou seguro é que Deus existe”.

Albert Einstein

RESUMO

A pesquisa, que se insere na linha Tecnologias de informação, comunicação e interação aplicadas ao ensino de Ciências e Matemática, tem como foco principal a investigação sobre a pertinência de uma proposta didática que envolva, além do resgate de conhecimentos prévios, o uso de atividades experimentais, simuladores e outros recursos tecnológicos no estudo de circuitos elétricos. Este trabalho tem como questão central: em que medida sequências didáticas apoiadas em diferentes recursos estratégicos contribuem para a aproximação dos estudantes com a Física? Objetivando assim, desenvolver uma sequência didática que utilize diferentes recursos estratégicos para o estudo de circuitos elétricos, averiguando sua pertinência em termos de despertar nos estudantes o interesse e a motivação para aprender Física. Para atender ao exposto, a presente dissertação de mestrado foi organizada apresentando inicialmente uma reflexão sobre a aprendizagem na perspectiva cognitivista de David Ausubel, Jean Piaget e Lev S. Vygotsky, e, logo depois, apresentam-se os movimentos de concepções alternativas e mudança conceitual. Também aborda, o uso da experimentação como estratégia de ensino, e na continuidade, elucida aspectos inerentes ao uso de tecnologias digitais como elemento apoiador das aulas, dando ênfase na contribuição do uso de simuladores virtuais no ensino de Física. Tal sequência didática foi estruturada em doze encontros, no qual o estudo de eletrodinâmica foi abordado, utilizando-se de vídeo, simuladores, atividades experimentais, entre outras ferramentas didáticas diversificadas. A aplicação da proposta didática ocorreu em uma turma de trinta e um estudantes do terceiro ano do ensino médio de uma escola pública da cidade de Passo Fundo, RS. A fim de contribuir para o trabalho de outros professores, as diferentes ferramentas didáticas utilizadas na sequência didática, bem como o material escrito e outros recursos didáticos foram reunidos em um *site que* constitui o produto educacional desta dissertação, estando disponibilizado na página do programa de Pós-Graduação e podendo ser acessado de forma livre. Por fim, a coleta de dados que tinha como objetivo responder ao questionamento inicial ocorreu por meio de três instrumentos de pesquisa: atividades realizadas nos encontros por meio de registro de diário de bordo do pesquisador, registros das aulas experimentais e entrevista com estudantes após encerramento da sequência didática. Esses três instrumentos possibilitaram inferir que o uso de ferramentas diversificadas e relacionadas a situações vivenciais dos estudantes, inserindo o uso da tecnologia, funciona como um motivador ao estudante para realizar as atividades, bem como, estimular sua participação durante as aulas de física.

Palavras-chave: Atividade Experimental. Eletrodinâmica. Sequência Didática. Simulador.

ABSTRACT

The research, which is part of information, communication, and interaction technologies applied to Sciences and Math teaching, aims to investigate the relevance of a didactic proposal that involves not only rescuing previous knowledge, but also the use of experimental activities, simulators, and other technological resources in the study of electrical circuits. The main question of this study is to what extent do didactic sequences based on different strategic resources contribute to approaching students to Physics?; thus, aiming to develop a didactic sequence that uses different strategic resources for the study of electrical circuits, analyzing their relevance in terms of generating interest and motivation of students to learn Physics. Hence, the present Master's thesis was organized initially presenting a reflection on learning in the cognitive perspective by David Ausubel, Jean Piaget, and Lev S. Vygotsky, and then presenting the movements of alternative conceptions and conceptual change. It also addresses the use of experimentation as a teaching strategy and explains aspects inherent to the use of digital technologies as a support element for classes, highlighting the contribution of the use of virtual simulators in Physics teaching. Such didactic sequence was structured in twelve meetings, which addressed the study of electrodynamics using videos, simulators, and experimental activities, among other different didactic tools. The didactic proposal was applied in a class of thirty-one students of the third year of high school, in a public school of the city of Passo Fundo, RS, Brazil. In order to contribute to the work of other teachers, the different didactic tools used in the didactic sequence, as well as the written material and other didactic resources, were combined in a website that forms the educational product of this thesis, which is available at the website of the Post-graduation program and may be accessed free of charge. Lastly, data collection, which aimed to answer the initial question, was performed through three research instruments: written records made by the researcher of each activity performed, record of experimental classes, and interview with students after the conclusion of the didactic sequence. These three instruments allowed inferring that the use of different tools related to experiential situations of students, and by inserting the use of technology, works as a motivator for students to perform the activities, as well as stimulating their participation during Physics classes.

Keywords: Experimental Activity. Electrodynamics. Didactic Sequence. Simulator.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Artigos relacionados ao uso de tecnologias digitais no ensino de Física.....	29
Quadro 2 - Cronograma dos encontros.....	35
Quadro 3 - Mapas conceituais construídos pelos estudantes.....	47
Quadro 4 - Mapas conceituais construídos pelos estudantes.....	47
Quadro 5 - Mapas conceituais construídos pelos estudantes.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Página inicial do <i>site</i> contendo ferramentas utilizadas na sequência didática.....	33
Figura 2 - Quadro com imagens de resistores e palavras ditas pelos estudantes	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Aprendizagem na perspectiva cognitivista	14
2.2	Concepções alternativas e mudança conceitual	18
2.3	Atividades experimentais no ensino de Física	21
2.4	As tecnologias digitais no ensino de Física	26
3	SEQUÊNCIA DIDÁTICA E SUA APLICAÇÃO.....	32
3.1	Elaboração da sequência didática	32
3.2	Estruturação do produto educacional.....	33
3.3	Aplicação em sala de aula	34
3.3.1	<i>Primeiro encontro.....</i>	35
3.3.2	<i>Segundo encontro</i>	37
3.3.3	<i>Terceiro encontro</i>	38
3.3.4	<i>Quarto encontro.....</i>	38
3.3.5	<i>Quinto encontro.....</i>	39
3.3.6	<i>Sexto encontro.....</i>	39
3.3.7	<i>Sétimo encontro</i>	41
3.3.8	<i>Oitavo encontro</i>	41
3.3.9	<i>Nono encontro.....</i>	42
3.3.10	<i>Décimo encontro.....</i>	42
3.3.11	<i>Décimo primeiro encontro: atividade avaliativa 1: prova escrita.....</i>	43
3.3.12	<i>Décimo segundo encontro: atividade avaliativa 2: palestra com profissional</i>	43
4	PESQUISA	45
4.1	Metodologia	45
4.2	Análise dos dados coletados	46
4.2.1	<i>Registros dos estudantes durante as aulas</i>	46
4.2.2	<i>Diário de bordo do professor/pesquisador.....</i>	51
4.2.3	<i>Entrevista com os estudantes.....</i>	53
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
	REFERÊNCIAS.....	60

APÊNDICE A - Termo de consentimento	64
APÊNDICE B - Imagens de diferentes resistores encontrados no cotidiano	65
APÊNDICE C - Atividade experimental de resistência elétrica com materiais alternativos .	66
APÊNDICE D - Atividade experimental para estudo de associação de resistores	69
APÊNDICE E - Simulador para elaboração dos circuitos virtuais	73
APÊNDICE F - Ofício de autorização para realização de pesquisa acadêmica	74
APÊNDICE G - Questionário da entrevista com os estudantes	75

1 INTRODUÇÃO

A Física representa uma ciência repleta de aplicações e significados, além de se fazer presente nas diversas situações cotidianas. Apesar disso, grande parte dos estudantes se mostram desinteressados por seu estudo. Diversas têm sido as razões para isso, entre elas está o distanciamento entre os conteúdos escolares e as situações vivenciais dos estudantes (NASCIMENTO, 2010) e a falta de propostas didáticas voltadas a tornar as aulas mais atrativas e dinâmicas (ROSA, 2001).

A autora chama a atenção de modo particular, para a falta de atividades experimentais no ensino de Física e ressalta que isso tem contribuído significativamente para que o ensino desse componente curricular na educação básica desperte pouco interesse dos estudantes e se consolide como uma das disciplinas de maior repúdio entre eles. No seu entender, a Física é uma ciência experimental e, portanto, sua abordagem deve envolver tal recurso didático, além disso, a autora menciona que o uso de atividades experimentais desperta interesse e permite aproximar a ciência da vida cotidiana dos estudantes.

Igualmente defendendo a importância da experimentação no ensino de Física, Arruda e Laburú (1998) realizaram uma investigação junto aos professores da rede pública do estado do Paraná, de modo a identificar as possíveis causas para a sua ausência no ensino de Física. Dentre os fatores, eles destacaram a falta de laboratório e de equipamentos didáticos nas escolas, a carga horária excessiva dos professores, o número elevado de estudantes por turma, a necessidade de direcionamento dos conteúdos para os vestibulares, a falta de preparo dos professores para desenvolver este tipo de atividade, entre outras razões. Borges (2002), por sua vez, ressalta que a falta de atividades preparadas em ponto de uso para o professor, pode ser considerado um dos entraves para que tais atividades cheguem à escola.

Não apenas as atividades experimentais têm se mostrado ausentes no ensino de Física e contribuído para dificultar a compreensão dessa disciplina, mas também o pouco uso das tecnologias educacionais tem na perspectiva da literatura nacional, contribuído para agravar o quadro.

Araujo e Veit defendem a sua importância no ensino de Física mencionando que esse recurso tem sido visto:

[...] como um remédio para todos os males e por outros tantos como um modismo passageiro, os computadores estão onipresentes na maior parte das áreas do conhecimento humano, desde a construção de usinas atômicas à elaboração de uma simples planilha para o controle do orçamento doméstico. No ensino de Física não é diferente (2004, p. 5).

No entanto, não basta ofertar um rol de atividades experimentais aos professores ou mesmo dispor de um conjunto de simuladores ou outras tecnologias, é necessário que elas estejam estruturadas de forma a propor um conjunto de ações concatenadas e pautadas em referenciais teóricos que as tornem significativas e contribuam para o processo de construção dos conhecimentos. Nesse sentido, Pinho-Alves (2000) ao se referir exclusivamente às atividades experimentais, destaca que elas precisam estar relacionadas ao fazer pedagógico do professor e não ser uma atividade à parte do processo. No entender do autor, elas precisam:

[...] estar presente no momento em que se fizer necessária uma apropriação junto à natureza de eventos ou fenômenos que, manipulados artificialmente por meio do trabalho cognitivo e dos parâmetros já negociados coletivamente, permitam construir uma teoria que dê conta dos objetivos iniciais (2000, p. 263).

Já no campo da tecnologia, Moran (2007) menciona que o uso da tecnologia na escola é importante, pois “permite ampliar o conceito de aula, de espaço e tempo, de comunicação audiovisual”. (p.12) Contudo, chama a atenção para o fato de que ela por si só não resolve o problema da escola, pois precisa estar conectada a um processo mais amplo de formação. Nesse processo, as múltiplas estratégias utilizadas pelo professor é que vão garantir a eficácia dessa tecnologia e não ela por si só.

O identificado em termos do pouco uso de recursos estratégicos, que aproximem os estudantes da Física, bem como de sua importância frente ao processo de construção dos conhecimentos em ciências, na voz dos pesquisadores da área é corroborado pela minha experiência profissional. Enquanto estudante do curso de Licenciatura em Física, na Universidade de Passo Fundo, tive contato com diversas estratégias de ensino, as quais sempre tive dificuldades em operacionalizá-las na vida profissional, enquanto professor de Física. As razões são praticamente as mesmas anunciadas no estudo de Arruda e Laburú (1998), especialmente em termos da falta de tempo e recursos para preparar as aulas. Sabe-se que para recorrer ao uso da experimentação ou da tecnologia digitais como recurso estratégico é necessário tempo e materiais para preparação e discussão, especialmente se o desejo for pelo uso apoiado em referenciais teóricos pertinentes e inseridos dentro de uma proposta didática mais ampla, como mencionado por Pinho-Alves (2000). Como professor de Física da rede pública a seis anos ministrando aulas de Física para o ensino médio, vivencio essa problemática e também o desejo por estruturar e investigar a pertinência de sequências didáticas que estejam pautadas em referenciais teóricos e que recorram a diferentes estratégias de ensino. O desejo é por analisar se elas contribuem eficazmente para que os estudantes se

sintam motivados e interessados em Física. Acredito que a motivação e o interesse, apesar de não representarem garantias de aprendizagem, são passos fundamentais para isso.

O exposto define os questionamentos principais do estudo: **de que forma, uma sequência didática apoiada em diferentes recursos estratégicos contribui para a aproximação dos estudantes com a Física?**

Nesse contexto, o foco principal de investigação passou a ser a elaboração de uma proposta didática que envolva, além do resgate de conhecimentos prévios, o uso de atividades experimentais, simuladores e outros recursos tecnológicos no estudo de circuitos elétricos. O foco está em avaliar sua viabilidade operacional no contexto da sala de aula, bem como averiguar se ela é favorecedora de processo interativo e dinâmico que proporcionam a participação ativa dos estudantes e motivação para a aprendizagem em Física. Para tanto, selecionaram-se um conjunto de atividades, organizando um estudo pautado no uso da experimentação e das tecnologias digitais como ferramentas de apoio ao ensino de Física.

Justifica-se a presente investigação e seu recorte em termos do uso das atividades experimentais e das tecnologias digitais, por considerar que tais recursos têm sido apontados na literatura como favorecedores da aprendizagem em Física (ARAUJO; VEIT, 2004). Além disso, a diversidade de recursos didáticos e o modo como o professor estrutura suas aulas, pode favorecer a motivação dos estudantes para a aprendizagem em Física (ROSA, 2001). A motivação advinda do meio externo é considerada como elemento favorecedor da aprendizagem, possibilitando a aproximação dos estudantes da Física, especialmente considerando a educação básica. (CLEMENT; CUSTÓDIO; PINHO-ALVES, 2015)

As indagações decorrentes da experiência profissional, somadas ao que se apresenta na literatura da área, conferem ao estudo o **objetivo de desenvolver uma sequência didática que utilize diferentes recursos estratégicos para o estudo de circuitos elétricos, averiguando sua pertinência em termos de despertar nos estudantes o interesse e a motivação para aprender Física.**

De forma mais específica o estudo pretende:

- a) Promover uma reflexão sobre o ensino de Física;
- b) Elaborar atividades diversas para o estudo de circuitos elétricos envolvendo o uso de tecnologias digitais e atividades experimentais;
- c) Estruturar uma sequência didática que contemple as atividades desenvolvidas;
- d) Avaliar a pertinência didática da proposta.

Para tanto e partindo-se da premissa cognitivista de que o processo de construção do conhecimento apoia-se naquilo que o estudante já sabe, ou seja, nos seus conhecimentos

prévios, estrutura-se uma sequência didática envolvendo o estudo de circuitos elétricos. A fim de proporcionar que a aprendizagem seja significativa e que esteja apoiada nas experiências já vivenciadas pelos estudantes. O tema circuitos elétricos será explorado a partir de equipamentos e dispositivos de uso cotidiano dos estudantes.

Para atender ao exposto, a presente dissertação de mestrado foi organizada apresentando inicialmente uma reflexão sobre a aprendizagem na perspectiva cognitivista, seguida de uma abordagem sobre as concepções alternativas e mudança conceitual. Além disso, o texto discute as atividades experimentais como ferramenta didática e para encerrar o embasamento teórico, discute-se as tecnologias digitais no ensino de Física, com destaque para o uso dos simuladores.

Na continuidade, o capítulo três apresenta a proposta de ensino, na forma de sequência didática, relatando a sua aplicação em uma turma de terceiro ano do ensino médio. Além disso, o capítulo descreve o produto educacional que acompanha essa dissertação e foi estruturado na forma de um *site*.

No último capítulo discorre-se sobre os resultados do estudo na forma de investigação empírica, na qual foi analisada a pertinência da proposta em termos motivacionais e de possibilitar a aproximação dos estudantes da Física. Por fim, estão as considerações finais a título de conclusão do estudo realizado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Na forma de referencial teórico e como suporte ao trabalho, buscou-se tecer considerações relevantes para o processo de construção do conhecimento em Física, especialmente no que tange ao uso de diferentes recursos didáticos como apoio à aprendizagem. Para tanto, inicialmente aborda-se o processo de aprendizagem na visão de cognitivistas como David Ausubel, Jean Piaget e Lev S. Vygotsky, e, logo depois, apresentam-se os movimentos de concepções alternativas e mudança conceitual. A seguir, o texto discorre sobre o uso da experimentação como estratégia de ensino, para, na continuidade, elucidar aspectos inerentes ao uso de tecnologias digitais como elemento apoiador das aulas de Física. Ao final do capítulo, ressalta-se a contribuição do uso dos simuladores virtuais no ensino de Física.

2.1 Aprendizagem na perspectiva cognitivista

Para adentrar na temática sobre a aprendizagem em Física, é preciso apresentar alguns referenciais que permitam compreender o entendimento que se tem sobre como a aprendizagem acontece e como o estudante constrói seus conhecimentos.

Como afirma Lück:

[...] o conhecimento vem sendo produzido de modo fragmentado, dissociando-se cada fragmento de conhecimento do contexto de onde emerge, cria-se, desse modo, um conhecimento limitado, ao mesmo tempo em que se produz um mosaico de informações, de conhecimentos paralelos, desagregados uns dos outros, e até mesmo antagonicos, todos tidos como legítimas representações da realidade (2002, p. 20-21).

É importante ver cada educando como um ser capaz de sentir-se como parte essencial do seu próprio saber. Assim, para o educador é fundamental saber compartilhar, ser afetivo, buscar conhecimentos e produzir dentro do contexto dos educandos, ou seja, descortinar o universo escolar, tendo consciência de que eles não são tábulas rasas, mas, sim, sujeitos portadores de sua própria história, com experiências sociais, culturais e afetivas que lhes permitem diferentes acúmulos de saberes.

O exposto encontra respaldo na concepção de aprendizagem defendida pelos cognitivistas e assim expressa por Moreira (1999): “A aprendizagem é um processo que envolve a interação da nova informação com os conhecimentos que o indivíduo possui em sua estrutura cognitiva” (p. 56). Isso significa que, para o processo de construção do

conhecimento, torna-se fundamental identificar o que o estudante já sabe, ou seja, quais seus conhecimentos anteriores.

Ausubel (apud MOREIRA, 1999), um defensor dessa concepção de aprendizagem, chama a atenção para a importância de identificar os conhecimentos que o estudante já construiu, como forma de buscar neles uma ancoragem para os novos conhecimentos. Contudo, ele alerta que o educando não modifica os seus conhecimentos de maneira simples, é necessária uma reflexão específica sobre o que ensinar e o porquê ensinar, e não apenas transferir conceitos ou oportunizar princípios extraídos de outras situações ou contextos de aprendizagem.

Na defesa de uma aprendizagem com significado, denominada por ele de “Aprendizagem significativa”, Ausubel (apud MOREIRA, 1999) destaca que para ela ocorrer são necessários dois pontos: o primeiro, que o estudante tenha predisposição para aprender, ou seja, que ele queira aprender; segundo, que o material de ensino seja potencialmente significativo, tendo um real significado para o estudante.

O exposto por Ausubel (apud MOREIRA, 1999) vem ao encontro do desejo deste estudo, que é de proporcionar aos estudantes uma aprendizagem em Física que desperte neles o interesse pela Ciência e que os estimule a continuar aprendendo. O caráter motivacional da aprendizagem torna-se, nesse contexto, um elemento essencial para o professor que busca uma aprendizagem significativa.

Em termos de proporcionar, no ambiente escolar, conteúdos de interesse aos estudantes, Moreira (1999) mostra que cada um faz uma seleção dos conteúdos que tem significado, ou não, para si, e para que aprenda é necessário que ele encontre sentido no que está aprendendo. Para isso, é necessário partir dos conceitos que o estudante possui, das experiências que tem e relacionar entre si os conceitos aprendidos. No momento da seleção e com vistas a tornar a aprendizagem mais significativa para os estudantes, Ausubel (apud MOREIRA, 1999) ressalta também a importância de que os conteúdos sejam definidos de forma a respeitar uma ordem hierárquica. Nesse sentido, ele considera a diferenciação progressiva como aspecto essencial para a estruturação dos conteúdos curriculares. De acordo com Moreira (2011), a diferenciação progressiva evidencia a necessidade dos conteúdos iniciarem por aspectos mais gerais, caminhando na direção do aprofundamento do conteúdo. Além disso, o autor mostra a necessidade de que na continuidade haja momentos de conexão entre esses conteúdos, denominada de “reconciliação integrativa”.

E, ainda, no que diz respeito ao resgate da ancoragem dos novos conhecimentos em outros já existentes na estrutura cognitiva, Ausubel infere o termo “subsunçor”, assim contextualizado por Moreira:

[...] a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimentos específica, a qual Ausubel define de [sic] conceito subsunçor ou simplesmente subsunçor (1999, p. 153, grifo do autor).

Em outras palavras, esse subsunçor representa o conhecimento no qual o novo vai assentar-se e fornecer as condições primeiras para que a aprendizagem se torne significativa para o estudante.

Por vezes, subsunçores não estão disponíveis e prontos a ancorar o novo conhecimento, resultante, de acordo com Ausubel (apud MOREIRA, 1999), da necessidade de criar elementos que pudessem servir para organizar aprendizagem, o que ele denomina de “organizador prévio”. Esse, de acordo com Moreira (1999) tem o objetivo de facilitar a aprendizagem significativa, sendo entendido como recurso a ser proposto antes da utilização do material de aprendizagem, servindo de ponte entre o conhecimento prévio e o assunto que se pretende ensinar.

Segundo Moreira:

[...] a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa, ou seja, organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como “pontes cognitivas” (1999, p. 155).

Ainda em termos da aprendizagem na perspectiva de Ausubel (apud MOREIRA, 1999), destaca-se que para ele há outra forma de aprendizagem, a denominada de “aprendizagem mecânica”. Ela ocorre no momento em que os novos conhecimentos são armazenados com pouca ou nenhuma interação com os já existentes e relevantes na estrutura cognitiva, sendo, pois, armazenada de maneira arbitrária. Essa aprendizagem poderá futuramente tornar-se significativa, porém, isso somente ocorrerá em circunstâncias especiais, não podendo ser adotado como regra no processo de ensino. Ou seja, o objetivo do professor deve ser a aprendizagem significativa, não a mecânica; contudo, se esta ocorrer, ainda assim haverá em situações especiais a possibilidade de que ela se torne significativa.

Nesse viés, pode-se afirmar que para ocorrer uma aprendizagem significativa, a nova informação deve vir acompanhada de materiais introdutórios, que antes do conteúdo a ser aprendido, possam resgatar os elementos necessários para que ele interaja com a estrutura cognitiva do estudante, resultando em um ensino mais eficiente. Segundo Heineck (1999), aquele estudante que após o contato com as aulas permanece com as mesmas concepções prévias, ou com poucas mudanças advindas do processo de ensino e aprendizagem, provavelmente passou por um ensino caracterizado pela transmissão-recepção, apoiado em um ensino mecanicista.

Ausubel (apud MOREIRA, 1999), ao enfatizar a necessidade de resgatar os conhecimentos prévios, realça a possibilidade de haver um conflito cognitivo entre as ideias já existentes e as novas informações. Não apenas na perspectiva ausubeliana tem-se essa eventualidade, mas na concepção cognitivista em geral, especialmente em Piaget. De acordo com Piaget (1978), uma maneira de ampliar ou modificar as estruturas do estudante consiste em provocar discordância ou conflitos cognitivos que representem desequilíbrio, a partir dos quais, mediante atividades, o estudante consiga reequilibrar-se, superando as diferenças, reconstruindo o conhecimento. Para isso, é necessário que as aprendizagens não sejam excessivamente simples, o que pode provocar frustração ou rejeição.

Não apenas em Piaget esse conflito cognitivo assume relevância, mas também na perspectiva de Vygotsky. Apesar de ser evidenciado em menor grau, o conflito cognitivo na perspectiva sociocultural mostra-se presente na formação de conceitos, especialmente nos de natureza científica, os quais são caracterizados pelo alto grau de generalidade e formam um sistema hierárquico lógico, coerente. Já os conceitos espontâneos, que são os adquiridos no contexto social, são decorrentes da atividade imediata, social, prática, que se situa fora de contextos de apropriação formal dos conhecimentos. Desse modo, conforme destacado por Bezerra et al. (2005), os conceitos científicos são desenvolvidos por diferentes níveis de diálogo, tanto no espaço social (entre professor e estudante) quanto no espaço conceitual (entre o cotidiano e o científico). O resultado é formação de redes ou padrões conceituais, o que, no entender de Mortimer (1994), representa uma ecologia conceitual, na qual ambos os conceitos podem coexistir.

Em outras palavras, pode-se dizer que, para Vygotsky, o conflito cognitivo, diferentemente de Piaget, não surge de uma refutação, mas sim no momento em que são postas em relação às duas formas de conceitos. Para ele os fatores socioculturais são as condições de possibilidade desse conflito cognitivo; já para Piaget, esse conflito estaria relacionado às etapas do desenvolvimento.

O conflito cognitivo foi amplamente estudado nos anos de 1970 e 1980, especialmente em termos dos movimentos de concepções alternativas e mudança conceitual. Alguns pesquisadores fortemente apoiados em Piaget, como é o caso de Laurence Viennot (1979), e outros em Vygotsky, como é o caso de Rosalind Driver (1973), investigaram de que modo a identificação das concepções prévias e o confronto com o saber científico poderão levar a uma mudança conceitual. De interesse para esse estudo, o que se busca no laboratório é a aproximação entre os conhecimentos vivenciados no cotidiano e os de natureza científica. Na sequência da discussão trata-se sobre tais movimentos, acrescidos de outros que têm influenciado o ensino de Física nos últimos anos.

2.2 Concepções alternativas e mudança conceitual

Muitos conceitos científicos são extremamente difíceis para o discernimento dos estudantes dos ensinos fundamental e médio. A compreensão superficial dessas noções aparece quando se solicita aos estudantes que expliquem certas definições ou determinados fenômenos, como a gravidade, o movimento dos corpos e o atrito. Desde os anos 1970, pesquisadores documentam a existência de concepções errôneas nas ciências, com o intuito de compreender como esses equívocos interferem durante os processos instrucionais. (ZYLBERTSZTAJN, 1983, DUIT, 1994). Outros estudos mostram que elas tendem a prevalecer, sendo estáveis, resistentes e duradouras (CONFREY, 1990)

Em Física, a exemplo das demais ciências, as pesquisas têm mostrado que crianças e adolescentes desenvolvem e trazem para a sala de aula concepções equivocadas a respeito de fenômenos. Mas, ao mesmo tempo, mostram que essas crianças chegam à escola com conhecimentos que precisam ser considerados no momento de discutir os novos. A questão é como resgatar esses conhecimentos e mostrar para a criança as diferenças em relação ao mundo científico. Um exemplo em Física é a concepção da criança (ou do jovem) ao chegar à escola de que há uma relação direta entre força e velocidade, pois em seu cotidiano ela utiliza essa relação e não detecta problemas. Entretanto, a escola precisa ir além e mostrar que, na verdade, a relação não é entre força e velocidade, mas sim entre força e variação de velocidade que ocorre em um determinado tempo, ou seja, aceleração. Outra noção que ela traz consigo e que a escola precisa retomar e discutir é a ideia de que o Sol gira ao redor da Terra. A criança vê todos os dias esse movimento do Sol e constrói seu conhecimento empírico de que a Terra está parada e o Sol se movimentando. Na escola ela precisa ter

contato com o conhecimento aceito cientificamente e retomar essa sua concepção espontânea e equivocada, refazendo seus conhecimentos.

A questão posta à discussão é se ela substitui o novo ou passa a conviver com os dois conhecimentos. Inicialmente se defendeu, na perspectiva de Driver (1973) e Vienot (1979), que as concepções espontâneas precisavam ser retomadas na escola e substituídas por outras. A função da escola seria a de resgatar tais conhecimentos e “substituí-los” por outros, cientificamente aceitos.

Sobre isso, Rosa e Rosa (2012a) mencionam que o que resultou dos estudos desenvolvidos a partir dessa compreensão é que:

[...] as ideias alternativas dos estudantes são pessoais e influenciadas pelo contexto, mas que também são bastante estáveis e resistentes a mudanças, inclusive podendo ser encontradas nos estudantes universitários, que em tese, já deveriam ter confrontado suas convicções com os conhecimentos científicos (p. 16).

Já nos anos de 1980, o movimento de mudança conceitual buscou resgatar as condições que pudessem favorecer e estimular nos estudantes, voluntariamente, a substituição de suas concepções alternativas pelo conhecimento científico. Nesse sentido, Rosa e Rosa (2012a) destacam que o “professor passou a ser responsável por criar situações nas quais os estudantes se tornassem insatisfeitos com suas convicções e situações de conflito cognitivo, buscando a mudança conceitual” (p. 16).

Disso tudo o que ficou foi que os estudantes apresentam concepções equivocadas de ciências ao chegarem à escola, fruto do contexto social e de suas vivências, mas que grande parte desses conhecimentos não é substituída, coexistindo na estrutura cognitiva dos estudantes. Os estudantes acabam recorrendo a um ou outro saber de acordo com suas necessidades e demandas. Um exemplo é o conceito de calor, que no cotidiano é utilizado como sinônimo de temperatura, mas que, na escola, a Física retoma e mostra que são conceitos distintos, porém não consegue fazer com que o estudante utilize esse novo conhecimento no cotidiano. Ou seja, ele até pode responder em uma prova a forma correta e cientificamente aceita, mas ao retornar ao cotidiano, volta a utilizar tais conceitos como sinônimos.

No movimento de mudança conceitual, foram propostos vários modelos sugerindo possibilidades para que isso ocorra. Entre os modelos está o mais divulgado e estudado na literatura, que é o proposto por Posner et al. (1982). Os autores tomaram por referência as visões filosóficas de Kuhn e Lakatos, em que a mudança conceitual só se torna possível no

momento em que o estudante se encontra insatisfeito com os seus conhecimentos ou concepções. Isso o levará a buscar novos conhecimentos, que deverão ser inteligíveis e se apresentarem como plausíveis e frutíferos.

De acordo com Rosa e Rosa:

[...] este modelo recebeu inúmeras críticas da comunidade de pesquisadores em ensino de Ciências, depois de ter sido considerado um fracasso por conta das dificuldades que os estudantes apresentavam na compreensão do conhecimento científico. Segundo os críticos, este modelo não contemplava a dimensão motivacional e contextual envolvida no processo de ensino e aprendizagem, não sendo dada a devida atenção à relação entre o conhecimento científico e a visão de mundo dos estudantes. Na revisão desse modelo, Strike e Posner (1992) propuseram cinco modificações, com destaque para a consideração de que, na ecologia conceitual do aprendiz, devem ser consideradas questões que ultrapassam aspectos epistemológicos vinculados à história e à filosofia, como fatores pessoais, sociais e institucionais (2012a, p. 17).

O exposto pelos autores ressalta a importância já mencionada neste texto, de que as atividades propostas em Física ou Ciências precisam contemplar aspectos relacionados à motivação, como forma de cativar o estudante e despertar seu interesse pela Ciência.

Outro estudo que mostra que as concepções alternativas dos estudantes não são facilmente substituídas é o desenvolvido por McDermott (1984). A autora realizou estudos sobre concepções de forças e a sua relação com o movimento. Assim, estudou os casos das forças "passivas" (como a tensão de uma corda, que se ajusta em face de uma força aplicada) e a força gravitacional, e ainda a velocidade e a aceleração de corpos sob a influência de forças. Assume-se que as concepções iniciais dos estudantes lhes proporcionam uma compreensão pessoal da realidade, influenciando nos processos de aprendizagem e na compreensão dos conceitos que lhes são ensinados. Por exemplo, concepções sobre a gravidade estão comumente presentes no repertório dos estudantes, no estudo das ciências, desde as séries iniciais até o ensino médio. Uma falsa concepção dos estudantes a respeito da gravidade é a de que a força de gravidade aumenta com a altura. Ainda, a concepção de que a gravidade só atua nos corpos que se encontram em queda livre, que independe da sua massa, que não age sobre corpos em repouso e, ainda, que a gravidade é mais intensa no alto de uma ladeira.

Outro estudo importante sobre concepções é apresentado por Confrey (1990), que propôs o paradigma de concepções errôneas (*misconceptions*). De acordo com o autor, se atentamente atribuir um sentido a uma resposta incorreta, apresentada por um estudante, poderá descobrir que ela é plausível e razoável. O mesmo problema – erros e concepções errôneas dos estudantes – foi estudado por Balacheff (2013). Ele afirma que, ao analisar-se o

comportamento dos estudantes, deve-se considerar a existência de estruturas mentais contraditórias e incorretas do ponto de vista de um observador. Tais estruturas mentais podem, entretanto, ser consideradas coerentes quando aplicadas a contextos particulares (uma classe de problemas).

Os movimentos pedagógicos mencionados, tanto o de concepções alternativas, como o de mudança conceitual, influenciaram fortemente os estudos na área de ensino de Física (Ciências), especialmente no início dos anos de 1970 até final dos anos de 1980. Outro referencial que tem subsidiado as pesquisas em ensino de Física e que está diretamente relacionado ao objeto de investigação deste estudo são as atividades experimentais. Desde os anos de 1960 elas têm sido fortemente incentivadas na educação básica, tornando-se, inclusive, sinônimo de metodologia inovadora no ensino de Ciências e de Física. No entanto, sua eficácia tem sido discutida por diferentes investigadores, mostrando limitações e possibilidades referentes a sua utilização.

2.3 Atividades experimentais no ensino de Física

As atividades experimentais representam uma das atividades mais frequentemente utilizadas pelos professores de Física, especialmente quando desejam inovar ou motivar os estudantes. Contudo, conforme já mencionado na introdução desse estudo, elas não podem ser entendidas como um evento a parte ou estar desalinhadas com as demais ações do professor. Elas precisam fazer parte do discurso docente, conforme frisado por Pinho-Alves (2000).

A importância da experimentação como recurso estratégico para o processo de ensino-aprendizagem em Física é explanada por diferentes autores que recorrem aos mais diferentes aspectos relacionados à experimentação. Piaget (1978), por exemplo, defende a necessidade de que essas atividades sejam desenvolvidas desde a idade pré-escolar como forma de estimular o desenvolvimento sócio motor e cognitivo das crianças. Para esse autor o trabalho em grupo como forma de cooperação, a manipulação de materiais, a realização de jogos educativos etc., não apenas favorece o desenvolvimento da criança e fomenta a sua curiosidade, mas também contribui para o desenvolvimento da consciência reflexiva. Nesse processo, o autor chama a atenção que desde os três anos as crianças deveriam ser submetidas a um ensino das ciências com base numa metodologia ativa e manipulativa de materiais simples, envolvendo noções gerais e básicas relacionadas com o dia a dia, como são as de ser vivo, força, velocidade etc. Para Piaget (1978), cada estudante deve ser submetido, desde a escola primária, a um ensino que lhe permita procurar soluções para questões práticas através

de experiências, refletindo ao mesmo tempo sobre os procedimentos efetuados por ele e pelos seus colegas. Para o autor, as atividades experimentais são úteis para desenvolver as funções de conhecimento, as de representação e as afetivas.

Vygotsky (1999), por sua vez, assinala a importância das atividades experimentais na construção dos conhecimentos, chamando a atenção para a importância da interação social, dos instrumentos e símbolos utilizados pelos estudantes durante o desenvolvimento dessas atividades. Segundo o autor, os problemas oferecidos pelas atividades experimentais remetem os estudantes a um processo de interação com seus colegas, ao uso da linguagem e dos símbolos como instrumentos de ação na busca pela execução da atividade. Tudo isso favorece o desenvolvimento das funções psíquicas superiores, em especial das operações sensório-motoras e de atenção. No entender de Vygotsky (1999), isso possibilita que os estudantes não apenas conheçam o mundo pelos seus olhos, mas também através da linguagem e de todos os sistemas simbólicos com que se comunicam com o mundo.

Borges (2006) ao analisar as diferentes justificativas para a importância da experimentação no ensino de Ciências, destaca ser trivial tal justificativa, uma vez que se trata de uma disciplina de natureza experimental. “Descartar a possibilidade de que os laboratórios têm um papel importante no ensino de Ciências significa destituir o conhecimento científico de seu contexto, reduzindo-o a um sistema abstrato de definições, leis e fórmulas” (p. 35).

Millar (1987) acrescenta às questões destacadas a existência de três tipos de atividades, mostrando que a importância das atividades experimentais para o ensino de Ciências está na possibilidade de se trabalhar na forma de diferentes modalidades, enfocando questões metodológicas: “[...] exercícios para desenvolver habilidades práticas e técnicas; investigações para fornecer oportunidades de agir como um cientista que resolva problemas; e experiências para dar aos estudantes uma ‘sensibilidade’ para fenômenos” (p. 113, grifo do autor, tradução nossa).

Continua o autor destacando que a identificação desses três tipos de atividades experimentais, apresenta-se como um esclarecimento útil sobre as finalidades dessas atividades, embora no seu entender eles precisem de um desenvolvimento adicional, tanto em termos de maior aprofundamento sobre o que significa, quanto às contribuições para a aprendizagem ao utilizar as investigações para resolver problemas. Ao mesmo tempo, afirma que é preciso uma maior discussão sobre o papel que a experiência desempenha no ensino e na aprendizagem dos conceitos.

A partir desse entendimento e na perspectiva construtivista, Rosa e Rosa (2012b) elaboram uma proposta didática para estruturação das atividades experimentais no ensino

médio. Tal proposta consiste basicamente na divisão da atividade em três momentos, assim definidos: pré-experimental, experimental e pós-experimental. No artigo “Aulas experimentais na perspectiva construtivista: proposta de organização do roteiro para aulas de Física”, publicado na *Revista Física na Escola*, Rosa e Rosa definem o que deve constituir cada uma dessas etapas.

Os autores iniciam sua explanação ressaltando a importância das etapas pré-experimental e pós-experimental, que são entendidos como “momentos significativos de construção do conhecimento, razão por que a elas se destina um tempo expressivo da atividade experimental” (ROSA e ROSA, 2012b, p 4). A importância para os autores reside na perspectiva de que as discussões proferidas nessas etapas “possibilitarão ao professor focalizar os conhecimentos científicos em discussão, mantendo o estudante atento ao objeto de estudo, considerado fundamental dentro de uma concepção construtivista” (p. 4)

A partir desse entendimento, os autores passam a especificar o que deverá constituir cada uma dessas etapas. Para apresentar esse detalhamento toma-se por referência o artigo mencionado anteriormente e passa-se a utilizá-lo total ou parcialmente seu texto.

A etapa pré-experimental é integrada pelos seguintes itens: pré-teoria, explicitação dos objetivos; formulação de hipóteses e planejamento das ações. A pós-experimental caracteriza-se pela conclusão da atividade experimental, que representa o fechamento desta atividade e a sistematização dos resultados encontrados. Entre as etapas, encontra-se a denominada “experimental”, destinada à parte de execução da atividade experimental, a qual envolve as ações dos estudantes mediante seus planejamentos e propósitos.

Na etapa pré-experimental, o primeiro item a integrar é a pré-teoria. Considera-se importante que, ao iniciar uma atividade experimental, sejam proporcionadas ao estudante discussões que lhe mostrem os conhecimentos envolvidos no estudo. Trata-se de uma aproximação da teoria com a experimentação, proporcionando que o estudante se familiarize com os saberes envolvidos e esteja orientado aos conhecimentos em estudo.

A pré-teoria contém uma espécie de contextualização do conhecimento, na qual o estudante é instigado a buscar seus conhecimentos, abrindo caminho para o desenvolvimento da atividade. Representa o elo entre a atividade experimental e o conhecimento em estudo, podendo, inclusive, iniciar por situações próximas dos estudantes e vinculadas ao seu cotidiano, desde que acompanhada pelas discussões sobre o conhecimento físico envolvido. Há, portanto, diferentes possibilidades de promover o conhecimento em estudo na forma de pré-teoria, para a qual se ilustram três: formulação de perguntas sobre o conteúdo, exposição de situações-problema ou situações-ilustrativas e retomada histórica.

A primeira encontra-se associada à formulação de questões segundo estudos teóricos, estando relacionada a uma metodologia dialética na qual o professor apresenta questões e orienta os estudantes a discutir possibilidades. A segunda modalidade (exposição) refere-se a uma descrição mais simples de uma situação próxima do estudante na qual o evento a ser observado se faz presente, representando uma forma de aplicação do saber antes mesmo de ser discutido. Evidentemente, esta modalidade pode levar a perguntas, porém essas não são realizadas de modo direto como na modalidade anterior, mas, sim, decorrem da situação exposta. A terceira possibilidade refere-se à retomada histórica da produção do conhecimento, na qual o professor proporciona momentos de discussões sobre aspectos relacionados ao contexto social e histórico, no qual o conhecimento em estudo foi produzido. É uma reconstrução no sentido epistemológico, de modo a mostrar-lhes questões específicas referentes à produção deste conhecimento.

O importante é que a pré-teoria traga o estudante para atividade, para que inclua conhecimentos de seu repertório, de seu acervo, seja por meio de imagens, questões, um texto, ou ainda, da narrativa de processos tecnológicos ou outra situação. O que está em jogo é a preparação do conhecimento envolvido na atividade experimental.

Com base na pré-teoria, propõe-se que os estudantes sejam conduzidos a entender os objetivos propostos pelo professor para a atividade experimental. Mais especificamente, trata-se de mostrar aos estudantes o conteúdo, estabelecendo contingentes para o estudo. Pode haver um ou mais objetivos, porém todos explicitados oralmente ou por escrito, conduzindo a que os estudantes saibam o que é desejado para que seja analisado na oportunidade. É importante destacar que isso não pode ser interpretado como atividade experimental direcionada para uma conclusão previamente estabelecida por ele, mas, sim, que, ao deixar claro o objetivo, orienta-se a ação dos estudantes e, por consequência, compartilha-se com todos eles um mesmo objeto de investigação. Nesse momento, julga-se propício analisar os equipamentos disponíveis para realizar a atividade experimental, uma vez que eles auxiliam o entendimento do objetivo.

Outro aspecto a ser considerado na etapa pré-experimental é a necessidade da formulação das hipóteses, as quais devem anteceder a observação a ser realizada, não o contrário. A respeito disso considera-se que, a formulação dessas hipóteses no desenvolvimento das atividades experimentais construtivistas, assume papel de condição indispensável e servem para guiar a realização da atividade. Considera-se serem as atividades experimentais uma excelente oportunidade de levar os estudantes a fazerem apostas e estabelecerem inferências sobre o conhecimento. Representa a oportunidade de eles exporem

seus pensamentos e a forma como articularam suas ideias, compartilhando-as com seus colegas e professores.

A formulação de hipóteses apresenta-se como possibilidade de resgate das concepções prévias dos estudantes, permitindo confrontar saberes advindos de conhecimentos cotidianos. Além disso, mas, também por isso, as hipóteses possibilitam aos estudantes mobilizar os conhecimentos já presentes em suas estruturas cognitivas, construindo-os e reconstruindo-os de forma contínua e progressiva. As hipóteses indicam que há “algo” a ser testado, verificado, no transcorrer da atividade. Contudo, não se quer dizer que a formulação de hipóteses aqui defendida seja a mesma do cientista, nem significa aplicar o método experimental como referência, mas, sim, fazer inferência ao que será observado como forma de direcionar o olhar ao objeto do conhecimento. É a oportunidade dos estudantes dialogarem com seus conhecimentos e suas observações.

Para finalizar a proposta dos itens da etapa pré-experimental, os autores mencionam a necessidade do planejamento das ações, representando o momento de pensar na execução da atividade. Desta forma, é proposto que os estudantes sejam levados, antes de realizar o experimento, a refletir sobre o que irão fazer, traçando por escrito ou mentalmente sua trajetória. Um bom começo para isso é a seleção dos conhecimentos necessários à atividade experimental, como a expressão de relações entre as variáveis, por exemplo, fórmulas.

O planejamento se associa ao tradicional procedimento, mas a proposta é que se diferencie deste, não apresentando receituários estruturados e compostos por passos rígidos e sequenciais. Ao contrário, deseja-se que esse “modo de fazer” seja entendido como decorrente das discussões iniciais presentes na etapa pré-experimental, sendo apresentado de forma a levar os estudantes a pensarem e planejarem suas ações entendendo o que e por que proceder de determinada forma.

Na etapa experimental, é prevista a execução da atividade experimental. Executar essa etapa significa operar o planejado, testar hipóteses previstas, tendo claro o objetivo almejado, e, normalmente, significa também, manusear equipamentos. A execução pressupõe um sujeito ativo intelectualmente e engajado com a atividade, capaz de construir seus conhecimentos num processo de interação social. Considerando que, habitualmente, as atividades experimentais são realizadas em grupos de trabalho, isso demanda, além das condições já especificadas, negociação de saberes e de operações com equipamentos, diálogos entre companheiros e com o professor, visualização de possibilidades e confronto de conhecimentos, seja consigo mesmo, seja com seus colegas.

A última etapa proposta é a pós-experimental, na qual está previsto o momento de fechamento da atividade experimental, representado pela conclusão. A proposta é que esta conclusão fuja da habitualmente presente no laboratório tradicional, que se destina apenas à apresentação dos resultados. Na nova proposta a conclusão ganha status de discussão dos resultados obtidos, representando um momento de construção do conhecimento. Para isso, é preciso prever ações para esta etapa, de modo a levar o estudante a fomentar seus resultados, interpretando-os, confrontando-os e discutindo-os. Dessa forma, concluir significa retomar o realizado, a fim de identificar possíveis falhas no processo, ou mesmo para sintetizar e revisar a atividade. Para isso é necessário destinar um tempo significativo a essa etapa, conduzindo-a de modo que os estudantes, geralmente já cansados e saturados, sintam-se estimulados e realimentados.

2.4 As tecnologias digitais no ensino de Física

A escola está inserida, atualmente, na era tecnológica e na sociedade digital, o que não quer dizer que se deve excluir ou se opor aos modelos anteriores de aquisição e utilização de conhecimentos. O que se espera é que se tire proveito das tecnologias para a educação. Essa moderna e irreversível tecnologia está afetando o modo de ensinar e de aprender (FARIA, 2002). Uma de suas características mais significativas é a ampliação de possibilidades e o envolvimento dos estudantes.

No âmbito educacional, o currículo escolar, de modo geral, ainda é pobre em atividades que enfatizam o fazer como meio de aprender. Atividades que requerem que os estudantes construam ou utilizem artefatos e reflitam sobre o produto obtido são pouco exploradas como meio de aprendizagem. Tecendo algumas reflexões nessa linha, é possível afirmar que o emprego de tecnologias, pode também oportunizar outros benefícios, além dos educacionais, nas áreas do saber em que os estudantes estão desenvolvendo práticas.

Percebe-se que no mundo globalizado em que vivemos, espera-se cada vez mais de um profissional moderno, em qualquer nível de atuação em uma empresa, um perfil com a capacidade de poder acompanhar a evolução tecnológica, que tenha autonomia, autodesenvolvimento, criatividade, multifuncionalidade, rápida adaptação às mudanças, entre outras qualidades. Esse profissional deve ser capaz de compreender e utilizar novas tecnologias que contribuam para que a sua empresa faça parte do mundo competitivo. Nesse sentido, acredita-se que a inserção e o uso de tecnologias na escola, além de trazer contribuições significativas para a aprendizagem dos estudantes, também pode estar

preparando esse futuro profissional "moderno", de maior qualificação, que será cada vez mais desejado no mundo do trabalho (VALENTE; MAZZONE; BARANAUSKAS, 2007).

Com o desenvolvimento e a popularização da Ciência da Computação, houve grande euforia, e também receio por parte de alguns, há cerca de 20 anos, quando se previa a aplicação em massa de computadores em laboratórios e em salas de aula (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002). Essa é uma reação natural quando alguma inovação tecnológica é passível de ser aplicada no ensino de Ciências. Se por um lado, havia a previsão de que na virada do século, momento em que praticamente a totalidade das escolas teria as aulas apoiadas por computadores, por outro lado, havia aqueles que resistiam à aplicação de computadores no ensino de Física, argumentando que o seu uso privaria o estudante do contato com a realidade, abstraindo-o muito do processo de observação e medição dos experimentos. Hoje o consenso aponta para um equilíbrio entre essas duas posições antagônicas (KELLY; CRAWFORD, 1996).

Com o advento da aplicação das tecnologias no ensino de Ciências, em particular na Física, acredita-se que fazendo uso de ferramentas computacionais como mais um meio de mediar a transmissão de conteúdo, e não como um fim em si, o aprendizado dos estudantes pode ser incrementado de maneira sensível. Assim, novas tecnologias, como a aplicação de computadores no ensino de Física, podem, de fato, melhorar a assimilação do conhecimento pelos estudantes, desde que essa aplicação faça parte de um processo educacional maior e coerente em suas propostas (BRANSFORD; BROWN; COCKING, 1999; FIOLEAIS; TRINDADE, 2003).

Nos últimos tempos, começaram a aparecer com mais frequência relatos de trabalhos no ensino de Ciências relacionados à utilização de aparatos robóticos na prática docente. O uso da Robótica tem-se mostrado atrativo para os estudantes, pois eles podem manipular os robôs e visualizar os conceitos de Física envolvidos. Outro elemento que tem ganhado relevância em termos do uso de tecnologias no ensino de Física, são os simuladores educacionais. Sua utilização como ferramenta de ensino contribui para que o estudante consiga fazer a ponte entre a teoria e os fenômenos naturais juntamente com as aplicações tecnológicas.

Para entendermos o que são simuladores, devemos conceituar o que é uma animação e posteriormente o que consiste em ser simuladores virtuais. Então, de acordo com Freitas Filho (2008), animação busca trabalhar técnicas matemáticas em computadores com o propósito de imitar um processo ou uma operação do mundo real. Dessa forma, para elaborar uma animação, é necessário construir um modelo computacional correspondente à situação real

que se deseja simular. Uma simulação contempla uma animação, sendo mais abrangente, pois permite ao estudante não somente manipular o evento, mas conhecer e/ou modificar as relações entre as grandezas físicas presentes.

Macêdo (2009) ressalta que os professores de Física constantemente enfrentam vários problemas, ao tentarem explicar para seus estudantes fenômenos abstratos e complicados. A maioria desses problemas ocorre porque os fenômenos abstratos são difíceis de serem imaginados e visualizados somente por meio de palavras e gestos, ou complicados de serem representados por figuras. As simulações possibilitam aos estudantes observar em alguns minutos a evolução temporal de um fenômeno que levaria horas, dias, meses ou anos em tempo real, além de permitir ao estudante repetir a observação sempre que o desejar (TAVARES, 2008).

Apesar das contribuições que os simuladores computacionais agregam no ensino de Física, vale salientar que eles não substituem atividades concretas, e tendo cuidado de não distanciar as simulações dos fenômenos reais. Outro ponto a se destacar é a contribuição que os simuladores trazem a respeito da dificuldade matemática e física que a maioria dos estudantes apresenta.

Os simuladores podem ser bastante úteis, principalmente para representar fenômenos que são difíceis de visualizar em momento real, como descargas elétricas, eclipses e etc., ou mesmo, em algumas práticas que apresentariam perigo para a realização, por exemplo, relativo a eletricidade.

Através dos simuladores os estudantes têm a oportunidade de planejar, analisar e executar a estratégia acerca da animação que busca desenvolver, e depois visualizá-los. Outra contribuição que os simuladores virtuais agregam é a interação entre componentes de um grupo, quando a atividade requer tomada de decisões. Xavier, Xavier e Montse (2003) afirmam que a animação permite simular um fenômeno físico e graças à interação o estudante pode manipular a evolução de um sistema físico de maneira controlada. Ainda sobre os simuladores, Miranda e Bechara ressaltam:

Um outro aspecto importante no uso dessas simulações é o fato do aluno poder atuar de forma independente na busca do entendimento da situação mostrada, fazendo ele mesmo perguntas e procurando as respostas sobre uma dada situação Física, num processo de autorreflexão, diferentemente de uma atividade automática ou meramente reprodutiva de situação semelhante já vista, como são muitas das atividades usualmente propostas aos estudantes (2004, p. 2).

Nesse contexto os simuladores não só vão proporcionar uma interação passional como irá estimular o estudante a desenvolver a criatividade, curiosidade e talvez descobertas sobre aquele determinado conteúdo, até mesmo podendo ampliar seu conhecimento e promover a interdisciplinaridade.

Os simuladores não representam uma estratégia inovadora, pois vários são os trabalhos que descrevem sua utilização, especialmente considerando o ensino de Física. Dentre os trabalhos identificados em uma busca junto aos periódicos nacionais disponíveis *online* com estrato de indicativos de qualidade mais elevado, Qualis Capes A1, A2 e B1¹, para o período de 2005 a 2014, identificaram-se oito trabalhos, a saber:

Quadro 1 - Artigos relacionados ao uso de tecnologias digitais no ensino de Física

Artigos
ANDRADE, M. A.COSTA, S. S. C. O uso de simulações computacionais para o ensino de óptica no ensino médio. <i>Experiências em Ensino de Ciências</i> , 1, (2), p.18-29, 2006.
CARDOSO, S. O. O.DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. <i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i> , 29(especial 2), p. 891-934, 2012.
HECKLER, V.; SARAIVA, M. de F. O. OLIVEIRA FILHO, K. de S. O. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. <i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i> , 29(2), p. 267-273,2007.
MACÊDO, J. A.; DICKMAN, A. G.; ANDRADE, I. S. F. Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade. <i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i> , 29(especial 1), 562-613, 2012.
REBELLO, A. P.; RAMOS, M. G. Simulação computacional e maquetes na aprendizagem de circuitos elétricos: um olhar sobre a sala de aula. <i>Experiências em Ensino de Ciências</i> , 4(1), p. 23-33, 2009.
SILVA, N. C. Laboratório virtual de física moderna: atenuação da radiação pela matéria. <i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i> , 29(3), p. 1206-1231, 2012.
SIMÕES JR.; F. J. R. COSTA JR. E. ALVES, M. V.; CARDOSO, F. R. Física de plasma espacial utilizando simulação computacional de partículas. <i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i> , 33 (1), 1310-1-1310-14, 2011.
VASATA, D. GALANTE, G. RIZZI, R. L.; ZARA R. A. Solução computacional do problema da cavidade cúbica através das equações de Navier-Stokes tridimensionais. <i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i> , 33(2), 2312-1-2312-10, 2011.

Fonte: dados de pesquisa, 2015.

Dos oito trabalhos apresentados no quadro anterior, elege-se três para discutir na continuidade como forma de ilustrar a presença do uso dos simuladores no ensino de Física, justifica-se que os artigos relatam experiências parecidas reafirmando o uso da tecnologia.

No primeiro artigo da relação no qual tem o título “O uso de simulações computacionais para o ensino de óptica no ensino médio” percebe-se após a leitura que por se tratar de uma atividade aplicada a mais de dez anos, cita algumas dificuldades entorno da

¹ Os periódicos investigados foram: *Ciência & Educação*; *Revista Brasileira de Ensino de Física*; *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*; *Investigações em Ensino de Ciências*; *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*; *Alexandria*; *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*; *Ciência & Ensino*; *Ciência em Tela*; *Experiências em Ensino de Ciências*; *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*; *Revista Ciência & Ideias*.

acessibilidade, como, por exemplo, o acesso aos estudantes nos laboratórios de informática, bem como seu contato durante atividades escolares.

A atividade consiste em utilizar algumas simulações computacionais para trabalhar os conteúdos de óptica: reflexão, refração e difração, tais atividades seguiram um roteiro estabelecido pelo professor pesquisador e ainda vale lembrar que a pesquisa foi aplicada em duas escolas do Município de Porto Alegre, sendo uma da rede particular e outra pública.

Ao analisar o relato dos autores do artigo fica claro através das colocações que a atividade correspondeu à expectativa dos pesquisadores, pois a motivação e a interatividade entre estudantes e a tecnologia era um dos principais objetivos da atividade, bem como a relação entre a teoria e o fenômeno físico estudado.

No segundo artigo “Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para o ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico” é o registro de uma sequência didática aplicada a um terceiro ano de escola particular com o conteúdo sobre efeito fotoelétrico, é estruturada começando com um pré-teste, para levantar os conhecimentos prévios dos estudantes, logo em seguida, o professor pesquisador passa dois vídeos para fazer a ponte para os organizadores prévios. Na sequência utiliza a aplicação de simulação com roteiro de estudo, nessa parte da atividade é utilizado simuladores do PhET da Universidade de Colorado (EUA) e os critérios para a seleção dos simuladores segundo o autor é a facilidade de utilização, grau de interatividade e confiabilidade de origem. Logo após é introduzido como organizador explicativo mapa conceitual e finalizando com um teste final.

Os autores do artigo destacam que durante a atividade houve grande interatividade dos estudantes e nas análises dos dados enfatizaram os índices de satisfação entorno da aprendizagem significativa, bem como aceitação por parte dos estudantes durante a aplicação da sequência.

No Artigo titulado “Uso de simuladores, imagens e animações com ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica” percebe-se que os autores buscam desenvolver um material na linha construtivista cognitivista, onde o professor deve ser um monitor no ensino-aprendizagem, no processo de amadurecimento dos seus estudantes, acerca do conteúdo a ser desenvolvido. O produto consiste em uma hipermídia contendo textos, imagens e simuladores. Os autores descrevem que as atividades foram desenvolvidas de maneira sistematizadas, pois destacam que há uma preocupação em não confundir ou passar informações distorcidas sobre os fenômenos abstratos trabalhados, ocasionando assim, uma aprendizagem significativa e não mecânica ou errônea.

Após aplicação do material os autores exaltam que os estudantes ficaram mais estimulados e motivados nas aulas de Física, ainda destacam que mais de 80% dos estudantes conseguiram assimilar os textos, imagens estáticas e simuladores contidos no material, porém citam a distração, e o interesse dos estudantes em visualizarem as imagens e simuladores, deixando os textos de lado.

Fazendo uma análise, após a leitura do artigo, é notória a satisfação dos autores acerca do material construído, bem como sua aplicabilidade, e ainda se percebe a fidelidade ao relatarem sobre a distração e a falta de interesse de seus estudantes no que se refere aos textos, mesmo assim, justificam o trabalho como peça fundamental na motivação nas aulas de Física.

Através desses três trabalhos pode se potencializar a utilização de simuladores computacionais no ensino de Física, buscando inovação, motivação e interesse dos estudantes para realizar as atividades e promover uma aprendizagem significativa e satisfatória.

3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA E SUA APLICAÇÃO

No decorrer do texto foi realçada a importância de promover reflexões sobre o processo de ensino e de aprendizagem em Física, como alternativa para qualificar e (re) significar a presença desse componente curricular na educação básica. Verificou-se a necessidade de propor alternativas metodológicas que considerem o aspecto motivacional como elemento presente e favorecedor da aprendizagem. Nesse contexto, as atividades experimentais e os simuladores passaram a ocupar lugar de destaque.

A partir desse contingente e buscando uma alternativa para atenuar as dificuldades presentes no ensino do conteúdo de circuitos elétricos, o presente capítulo destina-se a apresentar a sequência didática elaborada para o estudo e que constitui o produto educacional desta dissertação. Além disso, o capítulo descreve os encontros realizados como forma de exemplificar a possibilidade didática de sua utilização no contexto escolar. A avaliação dessa sequência didática na forma de investigação será objeto de apresentação e discussão do próximo capítulo.

3.1 Elaboração da sequência didática

A sequência didática deste estudo destina-se à abordagem do conteúdo de circuitos elétricos, envolvendo os tópicos de associação de resistores, comportamento da corrente elétrica e da tensão nesses resistores. Além disso, a sequência contempla o estudo de energia elétrica e potência elétrica. Ela está estruturada em doze atividades subdivididas em encontros teóricos de resgate dos conhecimentos prévios e explanação do conteúdo, atividades experimentais, uso de simuladores, exercícios de fixação, atividades de contextualização, avaliação da aprendizagem, entre outros. Como referencial teórico para a estruturação didática das atividades, apoia-se no discutido no capítulo anterior especialmente em termos pedagógicos de orientação cognitivista.

A escolha do tema circuitos elétricos tem como justificativa sua presença no cotidiano dos estudantes. São dispositivos domésticos e outros, cujo funcionamento está relacionado ao uso de resistores e associados à corrente elétrica, tensão, energia elétrica e potência. Tais grandezas físicas são uma presença constante na vida de praticamente todos os cidadãos, inclusive em determinadas circunstâncias, ofertando riscos de vida, o que reforça a necessidade de que o ensino delas na educação básica tenha essa preocupação e que ofereça uma aprendizagem significativa e duradoura. Dessa forma, e tomando como base a presença

de dispositivos e instalações elétricas nas residências dos estudantes, procura-se dar um sentido prático e imediato para o tema, possibilitando despertar o interesse dos estudantes.

3.2 Estruturação do produto educacional

A sequência didática que representa o produto educacional está disponibilizada de forma *on line* no *site*² que foi especialmente construído para esta atividade e pode ser visto na figura abaixo, a página inicial do *site*. Nele, a sequência didática está detalhada de forma a apresentar o conteúdo abordado em cada encontro e as ferramentas didáticas utilizadas.

Figura 1 - Página inicial do *site* contendo ferramentas utilizadas na sequência didática



Fonte: produzida pelo autor, 2015.

A alternativa em apresentar o produto educacional na forma de hipermídia decorre do entendimento de que essa forma é mais eficiente em termos de difusão entre os professores. Dessa forma, acredita-se na possibilidade de que os professores se sirvam deste estudo para o replicarem, assim como também, possam estabelecer um diálogo, na forma de troca de experiências, com o autor do trabalho.

O *site* é composto de quatro abas na horizontal, na primeira chamada de apresentação encontram-se uma pequena introdução do *site* e uma visão geral do que a pessoa poderá visualizar, também tem três abas na vertical, aonde a pessoa poderá acessar: na primeira aba

² Endereço eletrônico do *site*: <<http://marcelosilva0309.wix.com/eletrotecnologia>>.

estão conceitos teóricos e exercícios, disponibilizados os conceitos sobre o conteúdo de eletrodinâmica, bem como os exercícios propostos na sequência, e com as respectivas referências bibliográficas; na segunda aba, nominada atividades experimentais, encontram-se os roteiros das atividades práticas; e na terceira estão os *links* dos simuladores utilizados, proporcionando ao visitante do *site*, a visualização e a utilização do conteúdo, se julgar pertinente em seu fazer pedagógico.

Ainda na horizontal, na segunda página está disponibilizada a sequência didática, especificada passa a passo, contendo os doze encontros com os períodos de duração e as ferramentas a serem utilizadas a cada encontro. Na terceira aba chamada dissertação, está disponibilizada o *link* da dissertação, para que o visitante possa fazer sua leitura na íntegra.

Na última aba, um espaço importantíssimo, em que o professor que visualizou o *site*, utilizou-se das atividades, bem como analisou de maneira crítica as atividades, poderá entrar em contato de maneira direta com o administrador do *site* para dar sugestões, críticas e até elogios.

3.3 Aplicação em sala de aula

A sequência didática elaborada para esse estudo foi aplicada em uma turma diurna de terceiro ano do ensino médio, de uma escola pública estadual do município de Passo Fundo-RS. A instituição atende estudantes do ensino médio e está situada em um bairro de classe média alta no município e atualmente apresenta em seu quadro, em torno de mil e duzentos estudantes, oitenta e dois professores e dezoito funcionários. Na escola também funciona o curso técnico em eletrônica.

A turma de terceiro ano selecionada para a aplicação da sequência didática é composta por trinta e um estudantes, sendo vinte femininos e onze masculinos, com faixa etária entre dezesseis e dezoito anos. Como característica principal da turma, segundo os docentes, destaca-se a falta de envolvimento com os estudos e pouca motivação nas atividades propostas, o que justifica a escolha dessa turma.

Salienta-se que na referida turma o pesquisador é o professor titular da disciplina de Física, desenvolvida em três períodos semanais. A obra didática adotada é *Física: Eletromagnetismo. Física Moderna*, dos autores Bonjorno, Clinton, Eduardo Parado e Casemiro. Volume 3, Editora FTD, 2013. Justifica-se a adoção da obra em virtude de decisão da escola na qual o presente estudo foi desenvolvido.

O Quadro 2 a seguir, apresenta o cronograma de aplicação da sequência didática. Nele é possível visualizar que a mesma teve a duração de doze encontros, cada um correspondendo a um período semanal, com duração de 45 minutos.

Quadro 2 - Cronograma dos encontros

Encontro	Data	Assuntos discutidos
1°	20/10/2015	Resgate dos conhecimentos prévios 1: Resistores
2°	21/10/2015	Explicação do conteúdo: Resistores e Simulador Phet 1
3°	22/10/2015	Atividade experimental com materiais alternativos
4°	27/10/2015	Explicação do conteúdo: Lei de ohm e simulador Phet 2
5°	28/10/2015	Explicação do conteúdo: Associação de resistores e exercícios
6°	04/11/2015	Atividade experimental com Arduino
7°	05/11/2015	Simulador Phet 3
8°	10/11/2015	Resgate dos conhecimentos prévios 2: Aparelhos eletrônicos
9°	11/11/2015	Explicação do conteúdo: Potência e Energia elétrica
10°	17/11/2015	Atividade de contextualização e aplicação dos conhecimentos: Contas de Energia
11°	18/11/2015	Atividade avaliativa 1: Prova escrita
12°	27/11/2015	Atividade avaliativa 2: Palestra com Profissional.

Fonte: produzido pelo autor, 2015.

Destaca-se, que houve, durante a aplicação da proposta, momentos de interrupção em que foi necessário utilizar parte do período subsequente as aulas de Física. Tudo isso, considerou-se parte do dia a dia escolar e não interferiram negativamente no desenvolvimento da proposta. Outro aspecto a ser considerado foi o sinal precário de *wi fi* da escola, que por vezes, exigia que as atividades fossem retomadas durante a aula. Por fim, salienta-se que o desenvolvimento dos encontros seguiu o cronograma das atividades letivas, inclusive, os tópicos abordados fazem parte do plano de trabalho previsto para a turma pelo professor.

Para descrever a aplicação da sequência didática, segue o relato dos doze encontros:

3.3.1 Primeiro encontro

O primeiro encontro foi realizado no Laboratório de Ciências da escola, pois o mesmo possui projetor multimídia que facilitou a realização da atividade. Sendo assim, foi apresentada a proposta de trabalho e encaminhado o termo de consentimento para a assinatura dos pais (Apêndice A). Foi ressaltada a necessidade do comprometimento e da responsabilidade de todos para o êxito das atividades. Logo após e como introdução do tópico em estudo, foi apresentado um conjunto de imagens envolvendo diferentes resistores (Apêndice B). As imagens foram selecionadas a partir da relação entre o conteúdo a ser abordado nos encontros e a vida cotidiana dos estudantes. Dessa forma, foram selecionadas imagens de resistores associados ao ferro de passar roupas, chuveiro, lâmpada, aquecedores e

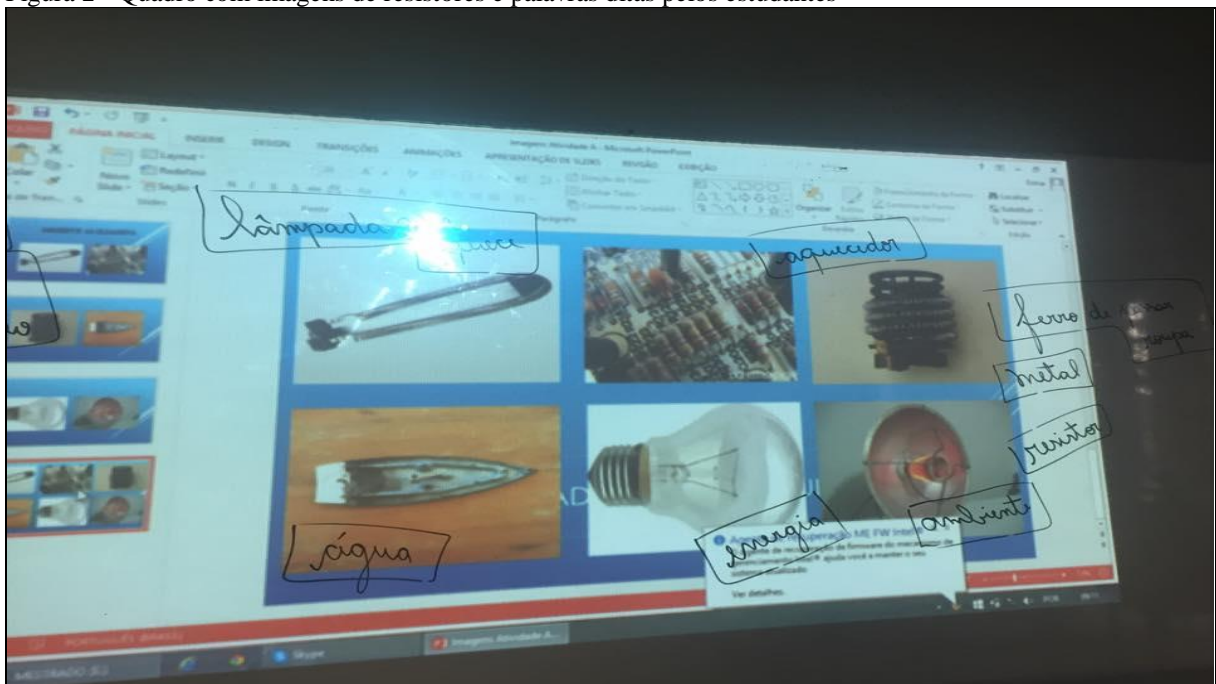
outros. O objetivo estava em possibilitar que, a partir de suas vivências, os estudantes pudessem imergir no estudo e aos poucos identificá-lo como importante para sua formação.

Na apresentação das imagens, realizadas com o uso do software *Power Point*, foi solicitado aos estudantes que relatassem o que lhes vinha à mente ao ver a imagem, especialmente em termos do objeto que a imagem estava associada. As palavras foram sendo registradas no quadro onde estava sendo projetado o *slide* com as imagens e aos poucos foi sendo formado um conjunto de palavras associada a cada imagem.

A partir do exposto foi solicitado aos estudantes que em dupla buscassem conectar tais palavras na forma de um mapa conceitual feito à mão. Esse recurso didático embora ainda desconhecido dos estudantes foi facilmente compreendido por eles. Dessa forma, eles construíram seus mapas conceituais a partir do apresentado na aula, possibilitando buscar em suas estruturas de pensamentos elementos que conectassem as palavras. Destaca-se que os mapas conceituais são distintos dos mapas mentais por apresentaram a necessidade de haver essas conexões entre as palavras-chave.

A imagem a seguir ilustra o quadro com as imagens e palavras mencionadas pelos estudantes durante a observação.

Figura 2 - Quadro com imagens de resistores e palavras ditas pelos estudantes



Fonte: produzida pelo autor, 2015.

A realização da atividade possibilitou perceber um significativo interesse e dedicação dos estudantes, pois ficaram bem à vontade para expressar as palavras que vinham na cabeça

ao observar as imagens. Na construção do mapa conceitual também observou-se muito empenho e busca por conhecimento. Destaca-se que durante o encontro, buscou-se atuar de forma a não intervir diretamente nas inferências e nas conexões estabelecidas, deixando os estudantes livres.

3.3.2 Segundo encontro

O segundo encontro iniciou com a retomada dos mapas conceituais, verificando as ligações estabelecidas entre as palavras por cada dupla de trabalho. Durante a discussão percebeu-se que os estudantes tinham noções prévias de que as imagens estavam relacionadas a situações vivenciais e que apresentavam em comum o uso da eletricidade. Isso possibilitou fazer uma conexão com o conceito de Resistores.

Dando sequência as atividades, foi abordada de forma expositiva e dialogada, a Lei de Ohm que relaciona a resistência elétrica ao comprimento e a área transversal do fio. Logo após a explanação do conteúdo, procedeu-se a ilustração dessa relação utilizando um simulador gratuito disponível no site do PhET³.

No simulador é possível visualizar e exercitar possibilidades de relacionar a resistividade do material com a área transversal bem como o comprimento do fio. Através da animação, o estudante irá perceber ao visualizar a letra na fórmula quando ela aumenta ou diminui de tamanho, fazendo um elo direta ou inversamente proporcional à referida mudança de dados.

O simulador foi projetado no quadro utilizando o recurso de multimídia e utilizado de forma demonstrativa durante a aula. Os estudantes manifestaram desejo por saber o conteúdo, e especialmente, aprender sobre a simulação apresentada e se poderiam utilizá-la em casa para estudar. Os estudantes buscaram interagir e perguntar sobre as possibilidades ofertadas no simulador. Buscaram investigar sobre o que acontecia com o valor da resistência quando eram alterados os parâmetros como comprimento, área da secção transversal ou mesmo quando alterava-se o material do fio condutor. Diante dessas indagações e curiosidades que os estudantes expressaram durante a atividade e ao final dela, infere-se que os mesmos apreciaram o uso desse recurso tecnológico.

³ Phet Interactive Simulations é um *site* com simulações de Física, Química e Biologia, desenvolvido e hospedado na Universidade do Colorado, Estados Unidos. Tais simulações são desenvolvidas em Java, Flash ou HTML5 e podem ser utilizadas de forma *on line* ou serem baixadas no computador. As simulações são de código aberto e o recurso é livre e gratuito. Endereço eletrônico: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/resistance-in-a-wire>.

3.3.3 Terceiro encontro

No terceiro encontro foi aplicada uma atividade experimental cujo objetivo estava em estudar a relação entre a resistência elétrica com a área da seção transversal, comprimento e resistividade do material (material do fio). Ela foi estruturada a partir da proposta de Rosa e Rosa (2012b) com ênfase nos três momentos indicados pelos autores: pré-experimental, experimental e pós-experimental. (Apêndice C).

A atividade iniciou pela contextualização do conhecimento utilizando para isso um vídeo⁴ referente ao processo de fabricação dos fios, desde a extração do material, industrialização até a recapagem. Durante o vídeo os estudantes se mostraram interessados e curiosos, realizando perguntas sobre o que estavam assistindo. A seguir, foi-lhes apresentado o objetivo da atividade a ser realizada, bem como os materiais que estavam disponíveis para isso. Nos materiais a ênfase esteve no uso do multímetro que precisou ser explicado seu funcionamento para os estudantes.

Logo a seguir, foi retomada a expressão matemática a ser utilizada na atividade e discutidas com os estudantes, as hipóteses para responder ao proposto no estudo. Considerando que o conteúdo não representava novidade para os estudantes, pois havia sido abordado na aula anterior, as hipóteses foram rapidamente discutidas e pode-se passar ao procedimento da atividade. Esse foi realizado pelos estudantes em seus grupos de trabalho, sendo constantemente orientados pelo professor, especialmente quanto ao uso do multímetro. Com o preenchimento das tabelas pode-se passar a discussão dos resultados, caracterizando a etapa pós-experimental. Essa foi guiada pelas questões estruturadas para isso e discutidas no grande grupo.

Destaca-se que na etapa pós-experimental, os estudantes deveriam construir o gráfico conforme indicado no item “b” do roteiro-guia, contudo, por insuficiência de tempo, a atividade foi indicada para ser realizada em casa. Como avaliação da atividade destaca-se que os estudantes se mostraram receptivos à atividade, contudo apresentaram algumas dificuldades em termos de organização em seus grupos e com o uso do multímetro.

3.3.4 Quarto encontro

Nesse encontro, foi abordado o conceito da Lei de Ohm para os resistores, relacionando a tensão e corrente elétrica. Para tanto, iniciou-se pela apresentação do conteúdo

⁴ Endereço eletrônico do vídeo utilizado nesta sequência didática, disponível no *site* de compartilhamento gratuito *Youtube*: <<https://www.youtube.com/watch?v=fbMDNkAUGgc>>.

de forma expositiva e dialogada, relacionando as grandezas envolvidas com situações vivenciais. Nessa explanação veio à tona o emprego usual de termos como voltagem, amperagem e outros, sendo necessário estabelecer uma relação com o apresentado no livro-texto.

Na continuidade foi realizado um conjunto de exercícios sobre o conteúdo estudado, bem como utilizado para ilustrar o tema em estudo, recorreu-se ao uso do material disponibilizado no *site* do PhET⁵. Para isso os estudantes foram levados ainda no período de aula ao Laboratório de Informática da escola.

Esse simulador foi selecionado considerando que ele possibilita que o estudante modifique o valor da tensão e/ou o valor do resistor, após determinar, através da animação, ele irá observar o fluxo de corrente elétrica, fazendo assim uma ligação entre a lei de Ohm com a prática que acontece nos fios condutores.

Os estudantes não apresentaram dificuldades para realizar os exercícios e ainda sentiram-se estimulados pelo uso da ferramenta tecnológica.

3.3.5 Quinto encontro

No quinto encontro foi realizada a explanação de forma expositiva e dialogada do conteúdo de associação de resistores e cálculo da resistência equivalente analisando o comportamento da intensidade da corrente elétrica e da tensão nas diferentes associações. Para tanto, como ferramenta para discussão do conteúdo foram utilizados *slides* ilustrando as possibilidades de associações de resistores.

Na sequência, os estudantes resolveram exercícios de fixação do conteúdo. Tais questões envolviam a aplicação das fórmulas e a interpretação física da situação. Para isso, foi utilizado o livro dos estudantes que tratava especificamente deste conteúdo.

3.3.6 Sexto encontro

Esse encontro foi realizado no Laboratório de Ciências e teve como objetivo a realização de uma atividade experimental envolvendo o uso do Arduino (Apêndice D). O objetivo foi estudar o comportamento da corrente elétrica e da tensão em uma associação em série e em paralelo.

⁵ Endereço eletrônico do *site* PhET, com exercícios sobre a Lei de Ohm: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/ohms-law>.

A exemplo da atividade experimental anterior, essa foi organizada considerando o proposto por Rosa e Rosa (2012b) de modo a indicar aos estudantes um roteiro-guia que permitisse o diálogo com o experimento. Dessa forma, inicialmente, foi contextualizado o tema em estudo por meio da apresentação de um circuito elétrico com lâmpadas associadas em série e em paralelo. Tal circuito que constitui equipamento didático do laboratório da escola, utilizava tensão de 220V, o que pode oferecer perigo aos estudantes, por isso ele não estava mais em uso nas aulas de Física. Contudo, foi resgatado para servir de elemento introdutório para a atividade experimental e ao mesmo tempo possibilitar comparações com os novos materiais a serem utilizados. Com cuidado foi mostrado no equipamento antigo possibilidades de ligações entre as lâmpadas (resistores). Foram realizadas duas ligações, uma em série e outra em paralelo, e os estudantes observaram o comportamento da intensidade da corrente e da tensão em cada associação. Para isso foi solicitado observarem o brilho da lâmpada em cada uma das associações.

Após essa contextualização, passou-se a discutir o objetivo da atividade experimental e apresentados os materiais a serem utilizados na atividade: Arduino, LEDs, resistores, *jumpers* e placa *Protoboard*. Nesse momento observou-se que grande parte dos estudantes não conhecia o Arduino, tampouco uma placa *Protoboard*. Isso levou a necessidade de explicações e discussões sobre o funcionamento de tais dispositivos/materiais. Para isso, recorreu-se a algumas imagens previamente selecionadas e apresentadas na forma de *slides* utilizando o software *Power Point*. O destaque ficou por conta de evidenciar que o uso do Arduino na atividade objetivava servir de fonte de alimentação para as lâmpadas e que essa diferentemente do experimento antigo, operava na tensão de 5V.

A seguir, retomou-se a atividade experimental e foram discutidas as hipóteses do estudo. Na continuidade, foram retomados os conhecimentos teóricos necessário para o estudo e então foi realizada a experimentação seguindo o proposto no roteiro-guia. Da mesma forma que na atividade anterior, ao final os estudantes discutiram os resultados sendo guiados por um conjunto de perguntas.

Das perguntas realizadas destaca-se sobre a utilidade do Arduino, houve uma grande curiosidade sobre quais os favorecimentos dessa tecnologia que está sendo empregado em nosso dia a dia, e algo foi impressionante para o pesquisador, os estudantes haviam procurado sobre essa utilização e citaram alguns projetos de empregabilidade como, por exemplo: Automação residencial, onde a placa Arduino juntamente com uma programação pode ligar ou desligar lâmpadas, aparelhos eletrodomésticos, mesmo estando longe de casa, utilizando

conexão via internet, outros destacados foram os controles de acesso e o medidor de energia elétrica.

Nesse encontro foi observado o quão significativo é para os estudantes o uso de dispositivos que despertam a curiosidade deles. Mesmo que representem uma novidade, eles se mostram receptivos e interessados pelo assunto. Além disso, a atividade foi marcada pelo trabalho colaborativo e pelo compartilhamento de conhecimentos entre os estudantes enquanto favorecedora da aprendizagem.

3.3.7 Sétimo encontro

O sétimo encontro teve por objetivo realizar exercícios sobre associação de resistores e circuitos elétricos. Para tanto foi organizada uma atividade utilizando novamente o simulador PhET⁶. Os estudantes foram levados ao Laboratório de Informática da escola e organizados em dupla, sendo-lhes proposta a atividade de construir circuitos elétricos mistos envolvendo três, cinco e sete resistores (Apêndice E).

O simulador oferece fios, resistores, baterias, lâmpadas, dispositivos de controle (Interruptor), ferramentas de medidas como voltímetro e amperímetro. Também permite salvar o circuito, ampliar o tamanho das ferramentas, facilitando a atividade para um eventual estudante com deficiências visuais, e ainda, proporciona ao estudante que queira se aprofundar, passar para o módulo mais avançado, saindo dessa plataforma que é de circuito elétrico simples.

Após realizar as montagens indicadas na atividade, os estudantes enviaram por e-mail para o professor seus circuitos utilizando o recurso de copiar *Print screen*.

Ao final da atividade os estudantes sentiram-se muito entusiasmados e confiantes em suas montagens, inclusive solicitando que a aula fosse prolongada para poder realizar novas tarefas no circuito. Além disso, a atividade proporcionou a discussão sobre os cuidados e perigos das instalações elétricas, enfatizando o que pode provocar um curto-circuito.

3.3.8 Oitavo encontro

Ao final do sétimo encontro foi proposto aos estudantes que para a próxima aula trouxessem informações técnicas pertinentes aos aparelhos elétricos de suas residências. A

⁶ Endereço eletrônico do *site* PhET, com exercícios sobre resistores e circuitos elétricos: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/circuit-construction-kit-dc>.

atividade proposta era que os estudantes coletassem nos aparelhos elétricos informações como tensão, corrente elétrica, potência, frequência e outros. Dessa forma o oitavo encontro iniciou pela discussão dessas informações, com a construção pelos estudantes de um painel eletrônico.

Esse painel continha fotos dos dados técnicos dos aparelhos que eles tinham em casa e também alguns pesquisados na internet, eles realizaram a atividade em grupos e procuraram diversificar ao máximo as informações.

Esse encontro foi direcionado mais ao diálogo, pois cada grupo expôs seu painel para a turma e fizeram as comparações e considerações sobre os dados obtidos de cada aparelho, procedendo a comparações.

3.3.9 Nono encontro

O nono encontro foi apoiado na atividade realizada na aula anterior e que serviu de introdução para a abordagem do tópico proposto para esse. Nele foram retomados os painéis eletrônicos com dados de aparelhos elétricos doméstico, sendo introduzida a discussão sobre Potência elétrica e Energia elétrica.

Utilizando o apresentado nos painéis, foi discutido de forma dialogada e expositiva o conteúdo. Após as explanações foi realizada uma lista de exercícios para aplicações das fórmulas e discussão das interpretações físicas dos resultados. Para tanto, os estudantes foram organizados em duplas, o que favoreceu o diálogo e as trocas entre os estudantes. Ao final da aula os exercícios foram corrigidos e as dúvidas esclarecidas.

3.3.10 Décimo encontro

Como contextualização do conhecimento, o décimo encontro explorou as contas de energia elétrica residencial. Para isso, foi solicitado previamente que os estudantes as trouxessem para essa aula. O objetivo da aula estava em discutir os cálculos relacionados a “consumo de energia elétrica” fornecendo aos estudantes possibilidades de analisar tais demonstrativos fornecidos pelas concessionárias.

Nesse sentido, inicialmente foi identificado nas referidas contas o valor em reais do “kwh” e o consumo mensal de cada residência. Foram analisadas as diferentes faixas de consumo indicadas no demonstrativo e as variações no valor do “kwh”. Além disso, foi discutida a questão da variação mensal do consumo nas residências para os últimos doze

meses, conforme indicado nesse demonstrativo. Tal fato foi relacionado com o clima e a necessidade de energia elétrica nas residências no verão e no inverno.

Esse encontro foi interessante, pois os estudantes puderam analisar suas contas de energia e fazer algumas observações quanto ao consumo e aos aparelhos mais utilizados nos diferentes meses.

3.3.11 Décimo primeiro encontro: atividade avaliativa 1: prova escrita

Esse encontro foi destinado à realização da avaliação, que consistiu em dez questões dissertativas, respondidas individualmente e sem consulta ao material. Essa avaliação integrou uma das notas do terceiro trimestre. As questões buscaram possibilitar que os estudantes retomassem os aspectos estudados nessa unidade e fornecessem indícios ao professor se houve ou não uma aprendizagem significativa.

Outro aspecto que norteou a avaliação foi a necessidade de apresentar aos estudantes questões contextualizadas e voltadas a situações reais e cotidianas. Um exemplo disso foi a questão número três, que se referia sobre a diferença de tensão. Na questão relatava uma situação de uma menina que tinha comprado um secador de cabelo e a tensão indicada no aparelho para seu rendimento satisfatório era 220V, porém ela foi viajar para outra cidade onde a tensão do local era 110V. O que aconteceu com o aparelho e caso acontecesse o inverso, o que aconteceria?

A questão número seis, era referente ao consumo de energia, onde eles deveriam aplicar o conhecimento teórico para comparar o consumo de energia consumida por um chuveiro durante quinze minutos, fazendo uma relação de quantas horas poderia ficar ligada uma lâmpada para igualar o mesmo consumo.

3.3.12 Décimo segundo encontro: atividade avaliativa 2: palestra com profissional

No décimo segundo encontro foi realizado uma atividade voltada ao fechamento da unidade e que possibilitasse complementar a avaliação anterior em termos da análise dos indicativos de uma aprendizagem significativa.

Para tanto, foi organizada uma palestra com um profissional da área de eletricidade e que possibilitasse estabelecer um diálogo com os estudantes dentro dos aspectos que haviam sido explorados nos encontros. Para isso foi convidado um engenheiro elétrico, professor da

Universidade de Passo Fundo, que abordou questões relacionadas a cuidados nas instalações elétricas e choques elétricos.

A palestra começou com a apresentação do profissional convidado e o relato de seu vínculo com a escola, pois havia sido professor nela. Na continuidade o professor demonstrou alguns dispositivos elétricos, como por exemplo, disjuntor e interruptor. Também foram apresentados: extensões elétricas e alguns aparelhos ou “engendrações” que favorecem uma fatalidade, ocorrendo choques elétricos.

Um dos indicativos de que os estudantes haviam se apropriado dos conhecimentos abordados estava na análise do diálogo dos estudantes com o profissional presente. Nesse sentido, percebeu-se que os estudantes interagiam com ele utilizando termos científicos e que haviam sido abordados nos encontros anteriores.

Ao final da atividade, o palestrante se pôs à disposição de qualquer necessidade ou dúvida dos estudantes e parabenizou o professor pela iniciativa de trazê-lo à escola, e agradeceu a oportunidade de conversar com estudantes do ensino médio.

4 PESQUISA

O capítulo destina-se a descrever a pesquisa realizada durante a aplicação da sequência didática, bem como apresentar e discutir os resultados obtidos, pelo pesquisador, com o uso de três instrumentos para coleta de dados, assim especificados: tarefas realizadas entre os encontros; diário de bordo; e, entrevistas semiestruturadas com os estudantes. A análise desses dados foi realizada tomando-se por referência as discussões teóricas construídas para o estudo, acrescido de outros trabalhos que discutem o assunto e possibilitaram refletir os resultados encontrados. Partindo desses resultados e de sua análise, o capítulo tece considerações sobre a pertinência da proposta desenvolvida, especialmente em termos motivacionais.

4.1 Metodologia

A pesquisa realizada no decorrer da aplicação do produto educacional caracteriza-se como de natureza qualitativa, segundo o entendimento de Triviños (2015). Para o autor, esse tipo de pesquisa busca compreender e analisar a realidade, permitindo ao mesmo tempo em que se busque compreender as atividades de investigação – que podem ser específicas do estudo – também se identifique os traços comuns presentes nos dados e que podem auxiliar a responder ao questionamento da pesquisa.

A seleção do instrumento para a coleta de dados em pesquisas que estão diretamente vinculadas à aplicação de produtos educacionais não tem sido uma tarefa fácil. A tarefa torna-se mais desafiadora quando o produto educacional requer um período significativo de aplicação e envolve diferentes ações no contexto escolar, como: atividades experimentais, usos de tecnologias; e realização de exercícios. Nesse sentido, e buscando responder ao questionamento inicial (em que medida sequências didáticas apoiadas em diferentes recursos estratégicos contribuem para a aproximação dos estudantes com a Física?), recorreu-se a diferentes instrumentos como forma de obter dados de diferentes perspectivas e enriquecer a análise.

As sequências didáticas primam pela diversificação de estratégias de aprendizagem, apostando na possibilidade de que, ao exigir dos estudantes diferentes movimentos cognitivos, contribuirão para o desenvolvimento de suas estruturas mentais. Diante desse contexto, e por buscar uma análise que envolva a identificação das dificuldades e potencialidades de uma proposta didática e, ao mesmo tempo, a postura do estudante diante da atividade, opta-se pelo uso de três instrumentos: análise nas tarefas realizadas pelos estudantes, o diário de bordo

preenchido pelo professor/pesquisador ao final de cada encontro e as respostas dadas pelos estudantes durante a realização de entrevistas.

Os mapas conceituais às vezes confundidos com esquemas ou diagramas também ajudam resgatar e organizar os conhecimentos prévios, bem como sua organização dentro do contexto científico. Além disso, embora possam ser usados para dar uma visão geral do tema em estudo, é preferível usá-los quando os alunos já têm certa familiaridade com o assunto, de modo que sejam potencialmente significativos e permitam a integração, reconciliação e diferenciação de significados de conceitos (MOREIRA, 2010).

As atividades desenvolvidas pelos estudantes, individualmente ou em grupos de trabalho foram recolhidas e digitalizadas; o diário de bordo foi utilizado seguindo o proposto por Zabalza (2004), e entendido como espaço destinado a registros, anotações e reflexões individuais sobre um determinado processo de aprendizagem, após o término de cada encontro; e, as entrevistas foram realizadas com uma amostra de estudantes e guiada por um roteiro com tópicos estruturados no sentido de avaliar a motivação dos estudantes frente a proposta didática.

Os dados foram categorizados e analisados seguindo a técnica de *Análise do Conteúdo*, proposta por Bardin (2004). Dentro do proposto pela autora está a necessidade de estabelecer categorias que podem estar definidas a priori ou serem construídas com base na leitura do material coletado. Nesse sentido, e considerando a diversidade de instrumentos utilizados na coleta de dados, optou-se por estabelecer tais categorias de acordo com o instrumento, ou seja, elas estavam definidas a priori.

4.2 Análise dos dados coletados

A seguir são apresentadas as categorias juntamente com a análise dos dados coletados a partir do uso de três instrumentos, a saber: a primeira categoria está relacionada aos registros dos estudantes no decorrer das atividades; a segunda relacionada aos registros do professor no seu diário de bordo; e, por fim, tem-se a categoria associada à fala dos estudantes referente às atividades realizadas.

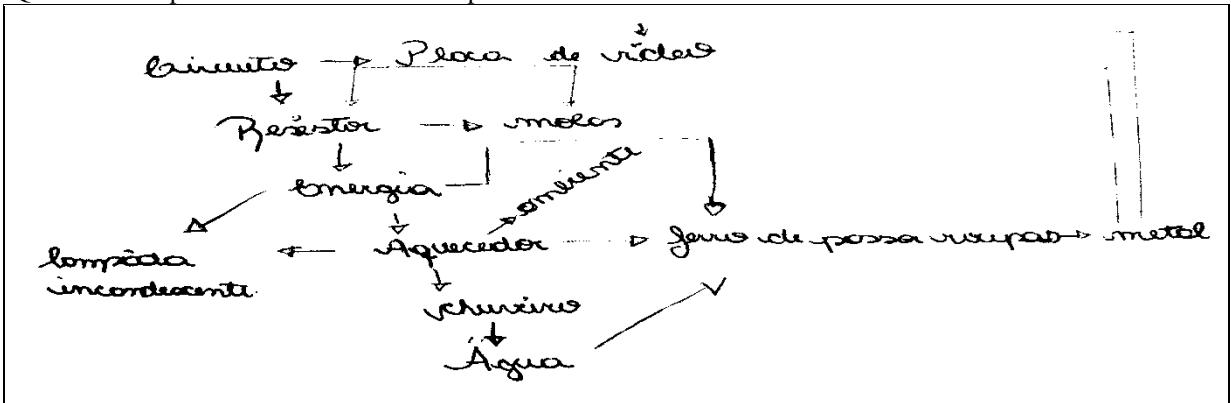
4.2.1 Registros dos estudantes durante as aulas

O registro dos estudantes foi analisado a partir das atividades realizadas por eles e recolhidas pelo professor, a saber: mapas conceituais realizados no primeiro encontro;

atividades experimentais propostas no terceiro e sexto encontros, e; relatório da palestra com o profissional da área, realizada no último encontro.

Em termos de construção dos mapas conceituais percebe-se que, os estudantes mesmo em uma atividade introdutória de apresentação do conteúdo, estabeleceram uma relação do aquecimento com a energia. Exceto em dois mapas conceituais, todos os demais evidenciaram essa relação, iniciando ou destacando a palavra energia, seguida dos termos resistência e aquecimento. Nos quadros a seguir ilustram alguns desses mapas.

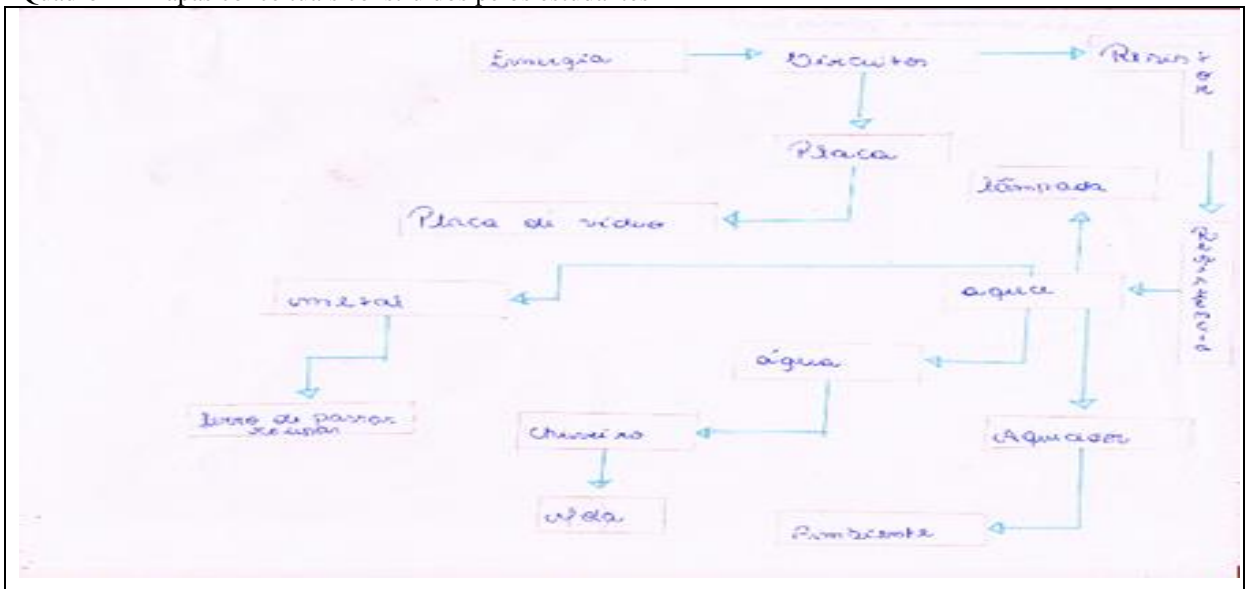
Quadro 3 - Mapas conceituais construídos pelos estudantes



Fonte: dados de pesquisa, 2015.

No quadro 3, observa-se que o estudante manteve uma organização, centralizando a palavra energia e orientando por meio das setas a ligação entre os conceitos científicos e prévios. Também era objetivo da atividade, fazer uma conexão entre os conhecimentos prévios dos estudantes e as novas informações que seriam abordadas na sequência.

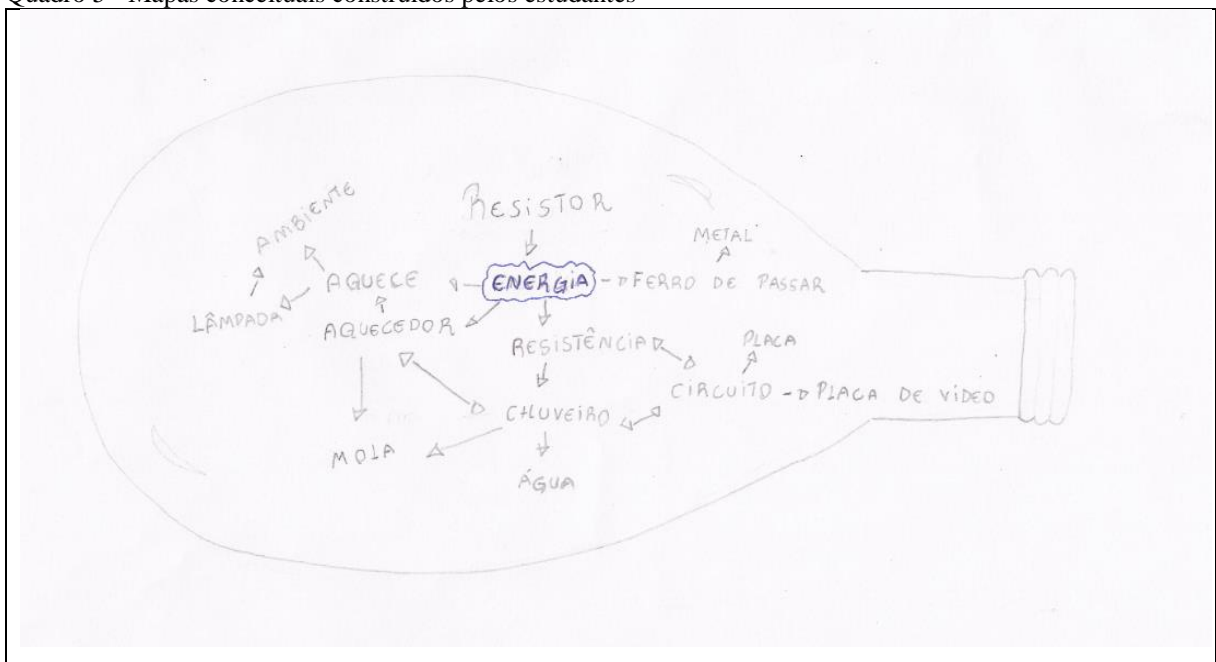
Quadro 4 - Mapas conceituais construídos pelos estudantes



Fonte: dados de pesquisa, 2015.

O quadro 4, traz um mapa conceitual no qual o estudante optou por manter uma organização com as setas, tendo como ponto de partida a palavra energia, e as palavras com menos relação para ele, foi colocado no fim das ramificações. O mapa construído apresentou os principais conceitos abordados, porém a forma de conexão linear apresentada, somada à má exploração de conectores adequados, demonstrou que os participantes tiveram dificuldades de fazer as relações entre os conceitos. Acredita-se que a própria falta de hábito em construir mapas conceituais pode ter sido o principal obstáculo a ser superado pelos estudantes.

Quadro 5 - Mapas conceituais construídos pelos estudantes



Fonte: dados de pesquisa, 2015.

O quadro 5 ilustra o mapa conceitual que permite visualizar a relação estabelecida pelos estudantes e de que forma eles relacionam seus conhecimentos prévios com o conteúdo. A palavra aquecimento foi relacionada com lâmpada, chuveiro e ferro, denotando sua compreensão em termos da resistência elétrica com o aquecimento. E ainda, ao estabelecer a conexão com a palavra energia, houve a interpretação de que esse aquecimento está relacionado à dissipação (ou consumo, de acordo com as palavras dos estudantes) de energia.

No entanto, é importante destacar que durante o processo de construção dos mapas, os estudantes não tinham ideia de como eram os conceitos relevantes e quais as conexões existentes entre as palavras. Por esse motivo, constantemente, necessitavam olhar novamente para o quadro de imagens/palavras e refazer as conexões.

As duas atividades experimentais realizadas na sequência didática, estruturada nesse estudo, apontaram a importância de sua organização na forma de itens que dialogavam com os estudantes, tanto nas etapas denominadas de pré e pós-experimental, como na experimental. Outro aspecto que se mostrou relevante foi o fato de iniciar pela contextualização e pela formulação de hipóteses. Esses momentos oportunizaram que os estudantes se preparassem para a atividade, ou seja, iniciassem um movimento cognitivo antes de executar a atividade propriamente dita. Os registros dos estudantes nos roteiros-guia são um demonstrativo de que eles não iniciaram a atividade de forma direta, como tradicionalmente se faz nas aulas de laboratório de Física, mas sim, que analisaram a atividade proposta e somente iniciaram o procedimento depois de pensar sobre o que deveria ser feito.

Na Atividade Experimental I, realizada no terceiro encontro, a etapa pós-experimental indicava a necessidade de confrontar os registros feitos no item Hipóteses com os resultados obtidos na etapa experimental (“Retomar as hipóteses iniciais confrontar com os resultados obtidos na etapa experimental”). Nesse sentido, os registros dos grupos nos roteiros-guia demonstraram que eles fizeram isto, conforme evidenciado a seguir:

As experiências confirmaram nossas hipóteses: matérias diferentes, resistências diferentes; quanto maior o comprimento, maior a resistência; quanto maior a área, maior a resistência (GRUPO 1).

Aprendemos que: para definir a resistência de um fio, temos que ter em vista o comprimento, a área transversal e o tipo de material utilizado, pois todos esses, influenciam na resistência do material (GRUPO 2).

No início tínhamos a ideia de que o fio mais grosso teria maior resistência, porém durante a etapa experimental percebemos que sua resistência na verdade era menor do que os outros fios, sendo assim resistem a maiores intensidades de corrente elétrica (GRUPO 3).

O experimento que fizemos permitiu verificar que nossas hipóteses iniciais estavam certas, ou seja, que quanto maior o comprimento maior a resistência, quanto menos a área transversal, menos a resistência e que matérias diferentes tem resistências diferentes (GRUPO 4).

No início nós tínhamos previsto que o fio mais grosso teria maior resistência, mas depois de fazer a atividade percebemos que era o contrário. Nas outras hipóteses, a atividade serviu para confirmar o que tínhamos previsto (GRUPO 5).

Tais registros denotam que eles voltaram e releeram suas hipóteses analisando-as frente ao realizado na atividade. Esse movimento de recuperar informações e confrontá-las é apontado por Rosa e Rosa (2012b) como essencial para que os estudantes detectem pensamentos equivocados e possam corrigi-los. O erro é salutar nesse contexto, pois permite rever o realizado. O mesmo item na Atividade Experimental II não indicava explicitamente tal necessidade de retomar as hipóteses iniciais e confrontá-las com a atividade realizada. Os itens traziam questionamentos diretos, mas que de certa forma

remetia as hipóteses. Nesse sentido, destaca-se o questionamento pós-experimental (“Descreva o comportamento da corrente elétrica e da tensão nos dois circuitos”) e as respostas dadas pelos estudantes:

A corrente elétrica aumentou de acordo com a tensão. Enquanto a tensão da tabela I aumentou e da tabela II se manteve igual (GRUPO1).

Em série, a corrente elétrica muda de acordo com o resistor e a intensidade e em ligação em paralela, a intensidade muda de acordo com o resistor e a corrente elétrica é a mesma (GRUPO2).

Em série a corrente elétrica e a tensão tiveram resultados diferentes nas diferentes resistências. Em paralelo a corrente elétrica variou e a tensão foi a mesma em ambas as resistências (GRUPO3).

Aqui se percebe que os estudantes na primeira atividade, recorrem a suas hipóteses iniciais para relacioná-la com o realizado na atividade, enquanto na segunda não se reportaram a isso. Disso conclui-se a importância de que nos roteiros-guia seja inserido um item para proceder a esse exercício cognitivo.

Por fim, relata-se a análise realizada nos registros dos estudantes frente à palestra realizada no último encontro. Nessa palestra, o convidado abordou itens como a ocorrência de descargas elétricas (raios) e choques elétricos e os cuidados que se deve ter em cada um dos casos. Além disso, foram explorados itens de segurança como a espessura dos fios a serem utilizados nas extensões e o perigo de ligar vários equipamentos em uma única tomada. Os registros dos estudantes sobre esses itens expressam o entendimento deles sobre o tema:

A palestra foi ótima, pois consegui entender como posso me proteger e evitar as descargas elétricas e os choques. Também entendi como posso ajudar as pessoas que estão perto e em situação de perigo (ESTUDANTE 4).

[...] falou dos choques elétricos que ocorrem de fato sempre que uma determinada corrente elétrica percorre o corpo humano. E dependendo da situação, um choque pode causar apenas um formigamento, queimaduras de 3^o grau ou até mesmo levar a pessoa a óbito. Quanto maior for a diferença de potencial, maior será a corrente elétrica e como consequência, o choque também será maior (ESTUDANTE 7).

Aprendi na palestra de hoje quais os maiores erros que cometemos em nossa residência por falta de conhecimento sobre eletricidade. Como podemos fazer uma extensão e quais os cuidados que devemos ter ao ligar vários aparelhos em uma única tomada. [...] depois ele com ajuda de uma colega demonstraram como proceder quando alguém está levando um choque (ESTUDANTE 11).

O professor convidado explicou como eram feitos os testes de choques elétricos em seres humanos antigamente. [...] trouxe para nós analisarmos alguns tipos de extensões e um disjuntor. Nos mostrou onde estão os perigos na nossa casa e, por fim, nos deu algumas instruções de procedimentos que devemos fazer caso alguma pessoa próxima a nós esteja sofrendo um choque elétrico (ESTUDANTE 12).

Esses são alguns dos registros feitos pelos estudantes e ilustram os conhecimentos construídos por eles durante a palestra proferida pelo engenheiro e professor da Universidade

de Passo Fundo, Dr. Luiz Eduardo Schardong Spalding. Percebe-se na fala dos quatro estudantes que, a partir da palestra, eles tomaram consciência sobre os perigos que as instalações inadequadas podem proporcionar. Ficaram evidenciados também nos demais registros dos estudantes, pois praticamente todos registraram que esse tinha sido o tema da fala do palestrante. Contudo, o aspecto mais destacado nos registros foi o procedimento que deve ser adotado quando uma pessoa está sofrendo um choque. Em todos os registros dos estudantes esse tema foi mencionado.

4.2.2 Diário de bordo do professor/pesquisador

O uso do diário de bordo é caracterizado por permitir registrar e posteriormente analisar as experiências vivenciadas pelo professor/pesquisador. Coppete (2014) ressalta a importância do diário de bordo mostrando que ele é de natureza pessoal, e envolve todo tipo de registro, inclusive das impressões, anseios e inquietudes pessoais. No entender do autor, apoiado em Zabalza (2004) esse instrumento tem um caráter de registro de memória pessoal e, mesmo sendo elaborado a partir de impressões e significados muito próprios de quem o escreveu, pode ser compartilhado com os colegas e os formadores, tornando-se um mecanismo de observação e direção do olhar para o professor e para os formadores, o que possibilita a intervenção e mediação no processo de aprendizagem. No caso de ser utilizado como instrumento de coleta de dados, o foco passa a ser os conteúdos registrados e a relação entre os objetivos propostos para cada atividade e a avaliação final, tudo devidamente registrado no próprio diário.

Monteiro (2007), com relação ao uso do diário de bordo como forma de coleta de dados, chama a atenção para o fato de que seu uso durante as atividades desenvolvidas em aula aponta um conjunto de itens que precisam ser cuidadosamente registrados pelo pesquisador ou professor, como local onde ocorreu a atividade, data, hora do início e fim da aula e descrição das ações do grupo.

Nessa perspectiva, o diário de bordo do professor revelou alguns elementos que possibilitam inferir a viabilidade e pertinência da proposta didática, especialmente em termos da participação e envolvimento dos estudantes. Um dos aspectos identificado foi a oportunidade de diálogo entre os estudantes e deles com o professor. Esse aspecto registrado em diferentes momentos pelo professor revelou que atividades didáticas direcionadas a instigar os estudantes e tornar as aulas mais dinâmicas, se mostraram favorecedoras da participação e do envolvimento dos estudantes.

Na aula de hoje os estudantes se dedicaram e buscaram interagir com seus colegas, especialmente durante a elaboração do mapa conceitual. Inicialmente achei que eles teriam dificuldades, mas no decorrer da atividade, eles mostraram que esse recurso é válido e proporciona a participação ativa dos estudantes (REGISTRO NO DIÁRIO DE BORDO – PRIMEIRO ENCONTRO).

A atividade envolvendo o uso de protoboard e do Arduino foi muito relevante e evidenciou que os estudantes se sentem motivados quando nas aulas utilizamos equipamentos diferenciados e que eles têm curiosidade de conhecer. Mesmo que o Arduino tenha sido utilizado na atividade como fonte de tensão, os questionamentos foram muitos sobre o seu funcionamento e sua utilização fora da sala de aula. Alguns estudantes perguntaram se podiam realizar atividades como a realizada no dia de hoje em horários alternativos (REGISTRO NO DIÁRIO DE BORDO – SEXTO ENCONTRO).

O uso da linguagem e a formação de conceitos foi outro aspecto que apareceu no diário e pode ser considerado como exemplo do resultado da atividade em termos de motivação e participação ativa dos estudantes. Para os cognitivistas como Piaget (1978) e Vygotsky (1999) a linguagem é o aspecto no qual o sujeito expressa seu pensamento e evidencia seus conhecimentos. A linguagem que muitas vezes é inicialmente adquirida no contexto social do qual o estudante se encontra e, posteriormente é discutida em sala de aula, revela inconsistências e necessidade de aprimoramento. Nesse processo, uma das estratégias didáticas evidenciadas na literatura que permite tratar essas inconsistências são os conflitos cognitivos, conforme mencionado no segundo capítulo.

A proposta didática aplicada neste estudo oportunizou diferentes momentos em que os saberes adquiridos no cotidiano entrassem em conflito com os científicos. Alguns deles estão evidenciados no registro do diário apresentados a seguir:

[...] ao apresentar o multímetro, alguns estudantes mencionaram que conheciam o aparelho e que ele era usado para medir amperagem. Aproveitando essa fala retomei o uso da linguagem científica e discuti com os estudantes o uso do termo amperímetro como o aparelho utilizado para medir de corrente elétrica (REGISTRO NO DIÁRIO DE BORDO – TERCEIRO ENCONTRO).

Outro exemplo: em várias situações os estudantes se referiam a tensão (volt) como se fosse potência. - “aumenta aí a potência”, aproveitei o “gancho” para resgatar a diferença entre o conceito científico de Tensão (ddp) e potência (REGISTRO NO DIÁRIO DE BORDO – QUINTO ENCONTRO).

Além do apresentado, destaca-se o uso da linguagem científica como elemento norteador no diálogo estabelecido com o palestrante no último encontro. Durante a fala do convidado os estudantes realizaram questionamentos que ilustraram em alguma medida uma apropriação da linguagem científica.

Na palestra, os estudantes perguntaram sobre o que provoca o choque elétrico e nesses questionamentos eles utilizaram corretamente termos como intensidade de corrente e voltagem. Também demonstraram saber que a rede elétrica residencial é 220V e que variando a potência varia diretamente a corrente elétrica. [...] Os estudantes perguntaram sobre a passagem da corrente elétrica pelo corpo humano, denotando o entendimento de que o corpo humano atua como um condutor de eletricidade (REGISTRO NO DIÁRIO DE BORDO – DÉCIMO SEGUNDO ENCONTRO).

Esses entre outros questionamentos feitos pelos estudantes no decorrer da palestra, denota que os estudantes durante a sequência didática se apropriaram de termos científicos e que estabelecem uma relação com as situações vivenciais. De acordo com Oliveira et al. (2009) para compreender a Ciência é preciso ter um conhecimento da linguagem científica, porém não apenas isso, mas também do seu processo de pensamento. Dessa forma, os autores ressaltam que: “Conhecer e usar a linguagem científica ajuda a compreender os conceitos científicos essenciais do conhecimento na sociedade em que vivemos” (p. 22).

4.2.3 Entrevista com os estudantes

Como forma de avaliar a proposta na voz dos estudantes, optou-se por realizar entrevistas semiestruturadas com uma amostra deles. A opção por trabalhar com um grupo reduzido centrou-se na escolha da entrevista como instrumento para coleta dos dados, uma vez que oportuniza um diálogo mais extenso e rico de informações, porém, necessita ser limitada em termos dos participantes. Dessa forma, selecionaram-se ao acaso seis (quatro meninos e duas meninas) dos trinta e três estudantes da turma. Esses, por livre adesão, prontamente responderam aos questionamentos feitos e subsidiaram a análise dos dados do presente estudo.

Antes da discussão das falas dos estudantes, destaca-se que o uso de entrevistas semiestruturadas, representa uma opção metodológica centrada na liberdade dos entrevistados para expor seu ponto de vista. Para Gerhardt e Silveira (2009), nas entrevistas semiestruturada o pesquisador estrutura um conjunto de questões na forma de um roteiro sobre o assunto ao ser tratado, mas permite, e às vezes até incentiva, que o entrevistado fale livremente sobre assuntos que vão surgindo como desdobramentos do tema principal.

As entrevistas realizadas para este estudo foram gravadas em áudio e transcritas na íntegra. As questões elaboradas foram gerais, o que possibilitou que o entrevistado tivesse a liberdade de direcionar a sua fala para aspectos diversos de sua percepção das atividades realizadas. Como tópicos gerais, propunham-se alguns questionamentos: você gosta de

Física? Costuma obter boas notas nas avaliações da disciplina? Os conteúdos discutidos nas aulas de Física oportunizam melhorar tua compreensão do mundo? Percebeu alguma diferença entre as aulas de Física realizadas antes do tópico de eletrodinâmica e as propostas na abordagem desse tópico? O que mais te chamou a atenção nas atividades realizadas? Houve uma mudança de sentimento em relação à disciplina de Física? A partir do discutido, consegue visualizar a Física nas situações vivenciais? Gostaria de cursar Física?

Nesses tópicos os seis estudantes entrevistados mostraram que, inicialmente, entendiam a Física como uma disciplina para “*fazer muitos cálculos*”, como explicitou o entrevistado 1, mas que agora “*vejo que ela tem sentido e que muitas coisas do meu dia a dia são Física, incrível isso*”. Para o entrevistado 2 o sentimento de entender algo e de visualizar aquilo na vida cotidiana é um ponto favorável para “*gostar de Física*” e, continua ele, “*agora parece que tudo faz sentido [...] sabe, gostei muito de fazer a atividade prática de medir com aquele aparelho, o multímetro, é isso, né? [...] bem que poderia ser sempre assim, ter alguma coisa prática que a gente pudesse mexer e depois aproveitar fora da escola*”.

Nesta fala a questão do pertencimento aparece claramente, na qual o entrevistado mostra que, iniciar o conteúdo estabelecendo uma relação entre a escola e as situações cotidianas, contribui para o desejo de querer aprender Física. Clement, Custódio e Pinho-Alves (2015, p. 6) mostram que a “satisfação da necessidade de pertencimento facilita a criação de condições e clima favoráveis ao estabelecimento de relações e ao fortalecimento das necessidades psicológicas de autonomia e de competência, produzindo bem-estar e desenvolvimento saudável”.

Dessa forma, os estudantes a partir da compreensão de por que estudar e de onde esse conteúdo está localizado em sua vida, podem evocar um sentimento de auto eficácia, ou seja, eu entendo algo e sou capaz de aprender.

A entrevistada 3, mencionou a importância de poder começar a aula “*vendo onde e como se aplica o conteúdo que vamos estudar. Eu odeio Física, nunca vou bem, até tento entender, mas chega na hora da prova, nunca lembro de nada, me dá um branco, acho que fico muito nervosa, porque sei que vou me dar mal*”. Para ela, o fato de iniciar pela contextualização dos saberes, trazendo do meio externo para dentro da sala de aula, favorece o entendimento da Física e possibilita uma mudança de sentimento em relação à Física, um elemento motivacional para a aprendizagem.

Esse caráter motivacional permeou a fala do entrevistado 4, em que ele diz que “*adorei ter aula dessa forma, poderia ser sempre assim. Mas o que mais me chamou a atenção foi o programinha de computador que permitia montar os circuitos, ali achei o*

máximo e até fiquei com vontade de fazer Física [risos], só que aí já tinha escolhido Educação Física.

A motivação mencionada pelos estudantes é aquela que advém do meio externo, denominada na literatura como motivação extrínseca. Nesse sentido, autores atribuem às estratégias de ensino um elemento importante na busca por esse tipo de motivação na aprendizagem. Para Amabile et al. (1994) a realização de atividades tendo em vista uma recompensa externa, uma nota ou a aquisição de habilidades de como aprender a utilizar um equipamento ou concluir um exercício, são consideradas destrezas motivacionais externas. Nesse sentido, as atividades propostas se mostraram favorecedoras deste tipo de motivação, pois os estudantes concluíram as atividades e buscavam demonstrar isso a todo o momento.

O entrevistado 5, mencionou essa satisfação, ao destacar que pela primeira vez conseguiu realizar as tarefas de Física e disse que depois das aulas passou a gostar de Física: *“nunca entendia, por isso não fazia e nem tinha vontade de fazer. Quando o professor utilizou o computador e as aulas práticas, passei a gostar das aulas e parece que aí entendia tudo. Até os exercícios gostei de fazer”*. De acordo com Boruchovitch (2008), o constructo motivação para aprender carece de estudos mais profícuos, contudo, as questões externas vêm exercendo uma grande importância, especialmente em se tratando da busca por favorecer a autonomia dos estudantes.

O relato do entrevistado 6, onde ele exaltou as atividades experimentais como ponto de fazer a ligação entre a teoria e prática, fica claro na resposta *“ter aulas práticas no laboratório, fez com que nós os estudantes, melhorássemos o entendimento das aulas, pois com algo visual e prático, o entendimento se torna mais fácil”*, ainda ao que se refere às aulas práticas, o entrevistado 4 em seu relato afirma a compreensão do conteúdo trabalhado dessa maneira *“[...] a Física mostrou um modo diferente de observar e ver as coisas, muitas dúvidas foram explicadas e compreendidas”*.

Estas afirmações dos estudantes vêm ao encontro do discutido por Rosa (2001), ao mencionar que a utilização de atividades práticas tem um caráter motivacional, mas ao mesmo tempo permite aos estudantes dialogar com a ciência e ampliar seus conceitos, pois é nesse espaço que surgem muitas dúvidas e questionamentos.

A potencialidade dessas atividades em termos de aproximar professor e estudante também foi relatada por alguns dos estudantes, como por exemplo, na fala do entrevistado 4: *“nas aulas em que utilizamos o laboratório tive a oportunidade de perguntar para o professor, ele passou várias vezes no nosso grupo e pudemos conversar com ele. Achei isso muito bom”*. Já para o entrevistado 6, essa mesma situação foi relatada da seguinte forma:

“Achei muito legal poder conversar contigo [professor] enquanto estava fazendo os circuitos lá no laboratório. Tu passava nos grupos e tirava nossas dúvidas e aí podíamos ir fazendo o que tu pedia. Acho que aprendo melhor assim e essas aulas são as que fico lembrando por mais tempo, aliás não esqueço delas”.

Essa aproximação, proporcionada pelas atividades experimentais e por outras realizadas na sequência didática apresentada neste estudo, denota o quanto ela é significativa para os estudantes. A participação ativa dos estudantes durante o processo de ensino e de aprendizagem é ressaltada no cognitivismo e no sociocognitivismo, sendo inclusive defendida por autores como Vygotsky (1999). Para ele, a participação dos estudantes durante a aprendizagem é fundamental para a consolidação desse processo e inclui a importância da interação social como mecanismo que possibilita troca entre os estudantes e deles com os professores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No ensino de Física, percebemos pouco interesse entre os estudantes em compreender os fenômenos físicos e realizar as tarefas propostas pelo professor durante as atividades em sala de aula, então, a ideia de montar uma sequência didática que seja motivadora e que aborde o conteúdo de eletrodinâmica estruturada com atividades experimentais, uso de simuladores virtuais e ao mesmo tempo resgatando os conhecimentos prévios foi a pretensão dessa pesquisa que, segundo as análises, mostraram aspectos satisfatórios.

Durante a execução da sequência didática, foram realizados doze encontros nos períodos de Física do professor/pesquisador, onde foram ofertadas atividades que instigassem os conhecimentos prévios através de figuras e mapas conceituais, assim como interpretação de contas elétricas, e com vídeo introdutório. Nessas atividades, como já relatado ao longo das análises de dados e no diário de bordo do professor/pesquisador houve uma maior integração e motivação por parte dos estudantes em realizar as tarefas, e após, observou-se a relação estabelecida entre o empírico e o científico.

Ao observar o comportamento dos estudantes durante a explanação dos conteúdos de eletrodinâmica, após ter realizado atividades que estimulasse resgatar conhecimentos prévios, percebeu-se que houve mais interesse na explicação do professor e até mesmo um diálogo recheado de dúvidas e curiosidades sobre o conteúdo de eletrodinâmica, que até então, em outros momentos, não se havia percebido. Destacando a importância de relacionar teoria e prática ao mesmo tempo e proporcionar atividade que busque fazer tal relação.

Outro ponto significativo de destaque são as aulas experimentais abordadas na sequência didática, citadas nos encontros três e seis do diário de bordo do pesquisador e também escolhidas para fazer parte da análise de dados, sendo que elas trouxeram situações de envolvimento, motivação e interação entre os estudantes. Na atividade experimental I, onde inicialmente o objetivo era abordar a relação entre resistência dos fios de diferentes dimensões e comprimentos, também se destacou pelo interesse dos estudantes em manusear o multímetro, bem como alguns termos usados no cotidiano, de sentido errôneo e corrigido por meio do diálogo com o professor.

Na atividade experimental II, onde houve grande quantidade de procedimentos e coletas de dados, utilizando-se vários equipamentos para a montagem dos circuitos, bem como o uso do Arduino, LEDs, placa *Protoboard* entre outros, os estudantes realizaram a tarefa depois de analisar o objetivo e as hipóteses, ainda que percebeu-se que na análise dos dados acabou despercebido esse elo entre as hipóteses e os resultados obtidos. Cabe destacar

as curiosidades que surgiram durante as atividades, como por exemplo: “onde era empregado o Arduino? Há relação entre as TVs antigas com as de led? A economia de energia se dava através de qual motivo?”, entre outros questionamentos que apareceram e que foram relatados ao longo da pesquisa, estimulando assim, a relação teórica com os equipamentos utilizados no nosso dia a dia.

Buscando inserir as tecnologias no ensino de Física e possibilitar o uso pelos professores em sala de aula, trabalhou-se com três simuladores do PhET, já mencionados na presente dissertação, através da utilização, busca-se inserir a inovação, ao mesmo tempo, o envolvimento e o interesse dos estudantes em realizar as atividades estabelecidas e observar a simulação após os passos a serem feitos. Durante os encontros, em que foram usados os simuladores, houve momentos de grande interação entre o professor e os estudantes, que antes era raro ocorrer no momento das atividades.

Através dos exercícios propostos no decorrer desta sequência didática, foi observado que os estudantes apresentaram pouca dificuldade para resolvê-los, bem como conseguiram estabelecer, de forma eficiente, o conteúdo trabalhado e também tiveram a oportunidade de observar, de maneira matemática, o que foi, de certa forma, analisado nas práticas. O mesmo foi observado na avaliação escrita.

O último encontro foi marcado pela palestra do profissional da área da eletricidade, que possibilitou um diálogo com os estudantes, abordando conceitos de físicos sobre eletrodinâmica, bem como fazer a relação entre a teoria e a prática, contemplando os riscos que a eletricidade nos submete, salientando assim, os cuidados que devemos ter. Foi uma atividade muito descontraída e com participação dos estudantes.

Cabe ainda destacar a entrevista dos estudantes, pois através dela puderam-se observar alguns pontos, conforme destacado nas análises de dados, entre sintomas de motivação, aprendizagem significativa e uma nova visão ao se mencionar a Física.

A sequência didática recheada de atividades que estimularam os conhecimentos prévios, aulas experimentais, usos de simuladores, exercícios e diálogos entre estudantes x professor satisfazem o mencionado por Borges (2002), o qual ressalta que, a falta de atividades preparadas em ponto de uso para o professor é um empecilho para que sejam utilizadas novas estratégias de ensino.

Para disponibilizar a sequência didática, bem como as tarefas, roteiros das aulas práticas, folhas de exercícios, *slides* utilizados, foi elaborado um *site*. Ao optar por fazer uso dessa ferramenta tecnológica, buscou-se alcançar o máximo de educadores que possam usufruir do material, dar sugestões e ao mesmo tempo contribuir com o produto educacional.

De acordo com o enunciado na introdução deste estudo, dentre os objetivos específicos da pesquisa estava a promoção de uma reflexão sobre o ensino de Física; a elaboração de atividades diversas para o estudo de circuitos elétricos envolvendo o uso de atividades digitais e experimentais; a estruturação de uma sequência que contemplasse todas as atividades pesquisadas. Sendo assim, conforme a análise dos dados coletados e dos registros, podemos apontar que houve pontos satisfatórios, que nos submetem a fazer uma avaliação positiva, pois os objetivos da pesquisa foram alcançados.

Por fim, ao escrever, ler e analisar a pesquisa tem-se um sentimento de satisfação, considerando que elaborar uma sequência didática para trabalhar eletrodinâmica, mostrou-se atraente em termos de conteúdo, ao mesmo tempo em que revelou que os estudantes se motivam e se interessam pelo conteúdo à medida que novas estratégias são utilizadas na abordagem dos conteúdos.

Ao finalizar essa dissertação, me sinto motivado a continuar elaborando sequências didáticas que envolvam atividades diversificadas e com a utilização da tecnologia, pesquisando suas pertinências no âmbito da motivação e construção da aprendizagem. Além disso, encontrar a melhor maneira de disponibilizar os futuros trabalhos, para que o compartilhamento do professor que irá utilizar possa vir a contribuir para aprimorar o Ensino de Física.

REFERÊNCIAS

- AMABILE, T. M.; HILL, K. G.; HENNESSEY, B. A.; TIGHE, E. M. The Work Preference Inventory: Assessing intrinsic and extrinsic motivational orientations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 66, 950-967, 1994.
- ARAÚJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 4, n. 3, p. 5-18, 2004.
- ARDUINO. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 20 set. 2014.
- ARRUDA, Sérgio de Mello; LABURÚ, Carlos Eduardo. Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências. In: NARDI, Roberto (Org.). *Questões atuais no ensino de ciências*. São Paulo: Escrituras Editora, 1998. p. 53-60.
- BALACHEFF, N. cKc. Model to Reason on Learners Conceptions. In: MARTINEZ, M.; CASTRO SUPERFINE, A (Eds.) *Proc of the 35th annual meeting of the North American Chapter of the Intl. Group for the Psychology of Mathematics Education*. Chicago, IL: University of Illinois at Chicago, 2013.
- BARDIN, Laurence. *A análise de conteúdo*. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. 3. ed. Lisboa: Edições 70, 2004.
- BEZERRA, Alessandra F. et al. *O “conflito cognitivo” nas perspectivas sócio-construtivistas e histórico-cultural*. 2005. Disponível em: <http://www.paulords.tripod.com/Artigos/index_Copy_6.htm>. Acesso em: 12 ago. 2015.
- BONJORNO, Clinton; PARADO, Eduardo; CASEMIRO. *Física: Eletromagnetismo*. Física Moderna. v. 3. Rio de Janeiro: FTD. 2013.
- BORGES, Tarcisio. *Implementação dos PCNs em sala de aula: dificuldades e possibilidades*. 2006. (Coleção Explorando a Física, 7).
- _____. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.
- BORUCHOVITCH, Evely. A motivação para aprender de estudantes em cursos de formação de professores. *Educação*, v. 31, n. 1, p. 30-38, 2008.
- BRANSFORD, John; BROWN, Ann L.; COCKING Rodney R. (Eds.). *How people learn: Brain, Mind, experience and school*. Washington: National Academy Press for National Research Council, 1999.
- CLEMENT, Luiz; CUSTÓDIO, José F.; PINHO-ALVES, José. Potencialidades do Ensino por Investigação para Promoção da Motivação Autônoma na Educação Científica. *Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 8, n. 1, p. 101-129, 2015.

CONFREY, Jere. What Constructivism Implies for Teaching. In: DAVIS, Carolyn A. Mayer; NODDINGS, Nel (Eds). *Constructivist Views on the Teaching and Learning of Mathematics*. Reston, Va.: National Council of Teachers of Mathematics, 1990. p. 107-122.

COPPETE, Maria Conceição. Diários de bordo e ensaios pedagógicos: possibilidades para pensar a formação de professores na modalidade de educação a distância. In: II Seminário internacional história do tempo presente, 2014. *Anais....*, Florianópolis, 2014.

CUNHA, Celso. *Gramática do português contemporâneo*. Rio de Janeiro: Lexikon; Porto Alegre: L&PM, 2013.

DRIVER, Rosalind. *The representation of conceptual frameworks in young adolescent science students*. 1973. Tese (Doutorado) – Universidad de Illinois, Urbana, Chicago, 1973.

FARIA, E. O professor e as novas tecnologias. In: ENRICONE, Délcia (Org.). *Ser Professor*. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002.

FÁVERO, Altair Alberto; GABOARDI, Antonio; CENCI, Angelo (Coord.). *Apresentação de trabalhos científicos: normas e orientações práticas*. 5. Ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e aprendizagem das ciências físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 3, p. 259-272, 2003.

FREITAS FILHO, P. J. de. *Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena*. 2 ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

GERHARDT, Tatiana E.; SILVEIRA, Denise T. (Org.) *Métodos de pesquisa*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

HEINECH, Renato. O ensino de Física na escola e a formação de professores: Reflexões e Alternativas. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 16, n. 2, p. 226-241, 1999.

KELLY, G. J; CRAWFORD, T. Students interaction with computer representations: Analysis of discourse in laboratory groups. *Journal of Research in Science Teaching*. New York. v. 33, p. 693-707, 1996.

LÜCK, Heloísa. *Planejamento em orientação educacional*. Petrópolis: Vozes, 2002.

MACÊDO, J. A.. *Simulações computacionais como ferramenta auxiliar ao ensino de conceitos básicos de eletromagnetismo: Elaboração de Um Roteiro de Atividades para Professores do Ensino Médio*. 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Belo Horizonte.

McDERMOTT, L.C. Research on conceptual understanding in Mechanics. *Physics Today*, v. 37, n. 37, p. 24-32, 1984.

- MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no Ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.
- MILLAR, Robin. Towards a role for experiment in the science teaching laboratory. *Studies in Science Education*, v. 14, p.109-118, 1987.
- MONTEIRO, Manuela Matos. *Área de Projecto - Guia do Aluno - 12º ano*. Porto, Portugal: Porto, 2007.
- MORAN, José Manuel. Ensino e Aprendizagem inovadoras e tecnologias audiovisuais e telemáticas. In: MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos T.; BEHRENS, Marilda Aparecida. *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. 13 ed. São Paulo: Papirus, 2007. p. 11-68.
- MOREIRA, Marco Antonio. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.
- _____. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v. 1, p. 43-63, 2011.
- MOREIRA, M. A. *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. São Paulo: Centauro Editora, 2010.
- MORTIMER, Eduardo F. *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. 1994. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- NASCIMENTO, Tiago Lessa. *Repensando o ensino da Física no ensino médio*. Monografia. (Graduação em Licenciatura Plena em Física). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- OLIVEIRA, Teresa et al. Compreendendo a aprendizagem da linguagem científica na formação de professores de ciências. *Educar*, n. 34, p. 19-33, 2009.
- PEHT *Interactive simulations*. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics>. Acesso em: 24 jun. 2016.
- PFUNDT, H.; DUIT, R. *Student's Alternative Frameworks and Science Education*. Institute for Science Education, 4 th Edition, Univ of Kiel, Alemanha, 1994. 288 p.
- PIAGET, Jean. *A tomada da consciência*. Tradução de Edson Braga de Souza. São Paulo: Melhoramentos, 1978.
- PINHO-ALVES, Jose. *Atividades experimentais: do método à prática construtivista*. 2000. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W.; GERTZOG, W.A. *Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change*. *Science Education*, 66(2), 211-227. 1982.

ROSA, Cleci T. Werner da. *Laboratório didático de Física da Universidade de Passo Fundo: concepções teórico-metodológicas*. 2001. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2001.

ROSA, Cleci T; ROSA, Á. B. O ensino de ciências (física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. *Revista iberoamericana de educación* (Online), v. 58, n.2, p. 1-24, 2012a.

_____. Aulas experimentais na perspectiva construtivista: proposta de organização do roteiro para aulas de Física. *Física na escola*, v. 13, n.1, p. 1-4, 2012b.

TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. *Revista online Ciência & Cognição*, v. 13, n. 2, p. 99-108, 2008.

TRIVIÑOS, Augusto N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. 1 ed. 23 reimpressão, São Paulo, Atlas, 2015.

VALENTE, J.; MAZZONE, J.; BARANAUSKAS, M. *Aprendizagem na era das tecnologias digitais*. Cortez Editora, 2007.

VIENNOT, Lauence. *Le raisonnement spontane'ne dynamique élémentaire*. Paris: Herman, 1979.

VIGOTSKY, Lev S. *Formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. Tradução de José Cipolla Netto et al. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

XAVIER, B.; XAVIER, J.; MONTSE, N. Applets en la enseñanza de la física. *Enseñanza de Las Ciencias*, v. 21. n. 3, p. 463-472, 2003.

ZABALZA, Miguel. *Diários de aula: um instrumento de pesquisa e desenvolvimento profissional*. Porto Alegre: Artmed, 2004.

ZYLBERSZTAJN, Arden. Concepções espontâneas em Física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino. *Revista de Ensino de Física*, v. 5, n. 2, p. 3-16, 1983.

APÊNDICE A - Termo de consentimento**TERMO DE CONSENTIMENTO**

Seu filho está sendo convidado a participar da pesquisa referente ao estudo da implementação de uma proposta didática sobre o estudo de circuitos elétricos, de responsabilidade do pesquisador Marcelo Silva, estudante do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Passo Fundo. Esta pesquisa busca qualificar o processo de ensino-aprendizagem na disciplina de Física no ensino médio. As atividades serão desenvolvidas na escola durante os períodos da disciplina de Física, cujo pesquisador é o professor titular.

Esclarecemos que a participação dele não é obrigatória e, portanto, poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento. Além disso, garantimos que ele e seu responsável receberão esclarecimentos sobre qualquer dúvida relacionada à pesquisa e poderão ter acesso aos seus dados em qualquer etapa do estudo. As informações serão registradas de forma escrita pelo professor-pesquisador. Os dados não irão conter qualquer identificação do seu filho e, portanto, você terá a garantia do anonimato dele na pesquisa.

Caso tenha qualquer dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável e orientador do estudo, Dr. Marco Antonio Sandini Trentin, pelo telefone 3316 8363.

Dessa forma, se você concordar que seu filho participe da pesquisa, em conformidade com as explicações e orientações registradas neste Termo, pedimos que registre abaixo a sua autorização.

Passo Fundo, ____ de outubro de 2015.

Nome do participante: _____

Data de nascimento: ____/____/____.

RG e nome do responsável: _____

Assinatura do responsável: _____

Assinatura do pesquisador: _____

APÊNDICE B - Imagens de diferentes resistores encontrados no cotidiano

IMAGENS DE DIFERENTES RESISTORES ENCONTRADOS NO COTIDIANO



Fonte: www.casashow.com.br



Fonte: www.casashow.com.br



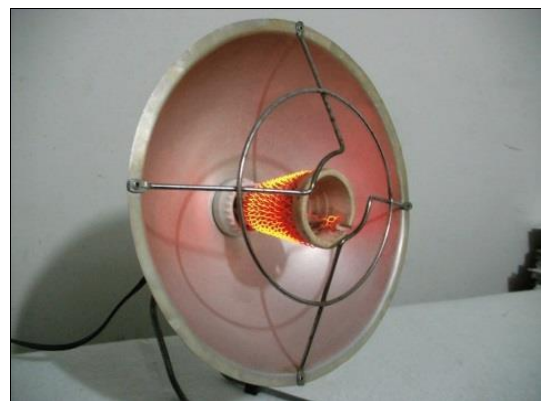
Fonte: www.robotizando.com.br



Fonte: www.produtomercadolivre.com.br



Fonte: www.administradores.com.br



Fonte: www.produtomercadolivre.com.br

APÊNDICE C - Atividade experimental de resistência elétrica com materiais alternativos

ATIVIDADE EXPERIMENTAL DE RESISTÊNCIA ELÉTRICA COM MATERIAIS ALTERNATIVOS⁷

Título: _____

ETAPA PRÉ-EXPERIMENTAL

Contextualização

Assistir ao vídeo disponível no endereço a seguir:
<<https://www.youtube.com/watch?v=fbMDNkAUGgc>>.

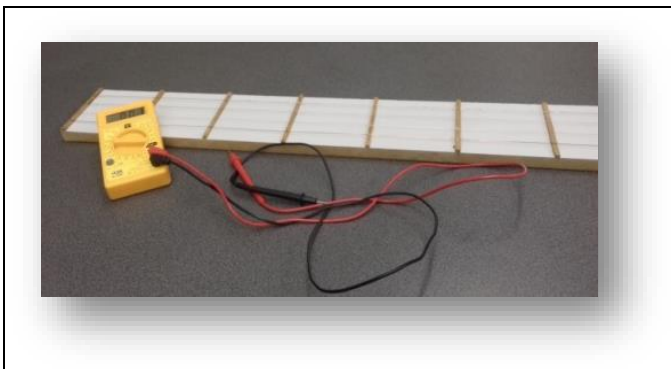
Objetivo da atividade

Estudar a relação entre a resistência elétrica com a área da secção transversal, comprimento e resistividade do material (material do fio).

Material/Equipamento

Fio de níquel-cromo e cobre

Multímetro



Conhecimentos teóricos

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

⁷ A atividade foi estruturada a partir do trabalho de Darroz et al. (2015).

Hipóteses do estudo

- Fios de mesmo material e comprimento, mas com área de secção transversal diferente apresentam resistência igual ou diferente?
- Fios de mesma área de secção transversal e comprimento, mas de materiais diferentes apresentam resistência igual ou diferente?
- Um mesmo fio de cobre, mas com maior comprimento apresenta maior, menor ou igual resistência elétrica?

ETAPA EXPERIMENTAL

Em pequenos grupos de trabalhos, realizar a atividade de modo a preencher as tabelas a seguir:

- Relação entre a resistência e o comprimento do condutor: medir a resistência elétrica com o uso do multímetro para o fio de cobre com diferentes comprimentos:

Comprimento (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Resistência ($10^{-1}\Omega$)									

- Relação entre a resistência e o material do condutor: medir a resistência elétrica com o uso do multímetro para o fio de níquel-cromo com diferentes comprimentos. A seguir, comparar com os resultados anteriores.

Comprimento (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Resistência ($10^{-1}\Omega$)									

- Relação entre a resistência e a área da secção transversal do condutor: medir a resistência elétrica com o uso do multímetro para o fio de níquel-cromo com diferentes espessuras. A área da secção transversal do fio será dada pelo número de fios enrolados. Dessa forma, considerando que cada fio tem um diâmetro de 0,02mm as secções transversais serão caracterizadas por múltiplos desse diâmetro.

Número de diâmetros	1	2	3
Resistência ($10^{-1}\Omega$)			

ETAPA PÓS-EXPERIMENTAL

- a) Qual a relação da resistência elétrica com o material, área da secção transversal e comprimento do fio?
- b) Retomar as hipóteses iniciais e confrontar com os resultados obtidos na etapa experimental.
- c) Construir o gráfico do comprimento pela resistência elétrica.
- d) Quais as dificuldades encontradas pelo seu grupo de trabalho na realização da atividade experimental?
- e) Em conjunto com seu grupo de trabalho sugira um título para essa atividade.

APÊNDICE D - Atividade experimental para estudo de associação de resistores

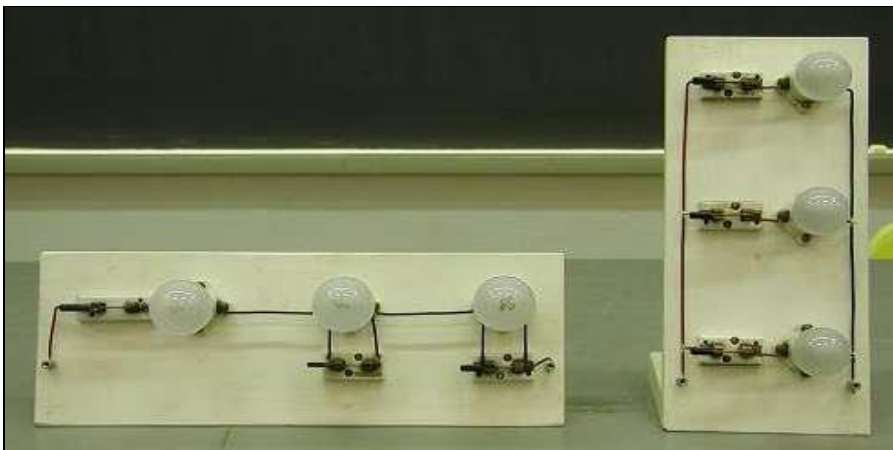
ATIVIDADE EXPERIMENTAL II

Título: _____

PRÉ-EXPERIMENTAL

Contextualização

Analisar os circuitos mostrados pelo professor e discutir a diferença entre eles em termos das ligações entre as lâmpadas.



Fonte: <http://www.geocities.ws/saladefisica10/experimentos/e121.htm>

Objetivo

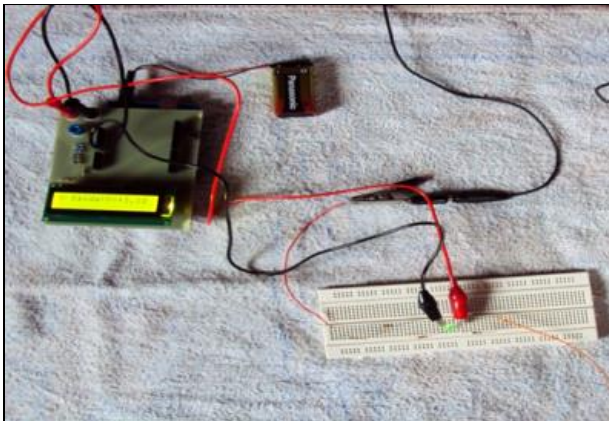
Estudar o comportamento da corrente elétrica e da tensão em uma associação em série e em paralelo.

Hipóteses

Quando as lâmpadas estão associadas em série a corrente elétrica é a mesma em cada um? E a tensão? Considerando que as lâmpadas sejam da mesma potência, o brilho delas é o mesmo nos dois tipos de circuitos?

Materiais

Arduino, protoboard, resistor, fios.



Conhecimentos prévios

Associação de resistores

EXPERIMENTAL

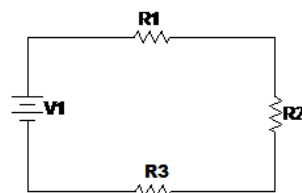
1) Associação em série. Monte no protoboard o circuito de acordo com o esquema a seguir:

Sendo:

$$R1 = 1K\Omega$$

$$R2 = 3,9K\Omega$$

$$R3 = 5,6K$$



- a) Utilize o Arduino como fonte de tensão (5V) e obtenha o valor de tensão em cada resistor.
- b) Obtenha, por meio de cálculos, o valor da corrente elétrica total e em cada resistor.
- c) Preencha a tabela a seguir:

	1	2	3	Total
R (KΩ)				
U (V)				
I (mA)				

- d) Retire um Resistor e substitua por um Led, analise o que acontece.
- e) Utilize o Arduino como fonte de tensão (3.3V) e obtenha o valor de tensão em cada resistor.
- f) Obtenha, por meio de cálculos, o valor da corrente elétrica total e em cada resistor.
- g) Preencha a tabela a seguir:

	1	2	3	Total
R (KΩ)				
U (V)				
I (mA)				

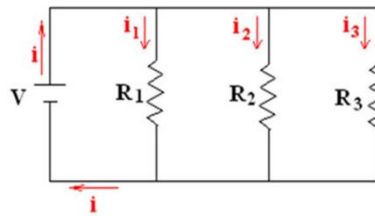
- h) Retire um Resistor e substitua por um Led, analise o que acontece.

2) Associação em paralelo. Monte no protoboard o circuito de acordo com o esquema a seguir:

$$R_1 = 1\text{K}\Omega$$

$$R_2 = 3,9\text{K}\Omega$$

$$R_3 = 5,6\text{K}$$



- a) Repita o procedimento anterior, porém para o novo arranjo.
- b) Preencha as tabelas com os novos valores.

	1	2	3	Total
R (KΩ)				
U (V)				
I (mA)				

Tabela com tensão de 5V

	1	2	3	Total
R (KΩ)				
U (V)				
I (mA)				

Tabela com tensão de 3,3V

- c) Retire um resistor e substitua por um led, analise sua luminosidade.

PÓS-EXPERIMENTAL

- a) Descreva o comportamento da corrente elétrica e da tensão nos dois circuitos estudados.
- b) Qual a função do Arduino na atividade experimental?
- c) Os resistores estudados poderiam ser substituídos por leds?
- d) Nesse caso o brilho dos leds seria o mesmo nos dois tipos de associação?
- e) Conjuntamente com seus colegas de grupo, proponha um título para essa atividade experimental.

APÊNDICE E - Simulador para elaboração dos circuitos virtuais

SIMULADOR PARA ELABORAÇÃO DOS CIRCUITOS VIRTUAIS

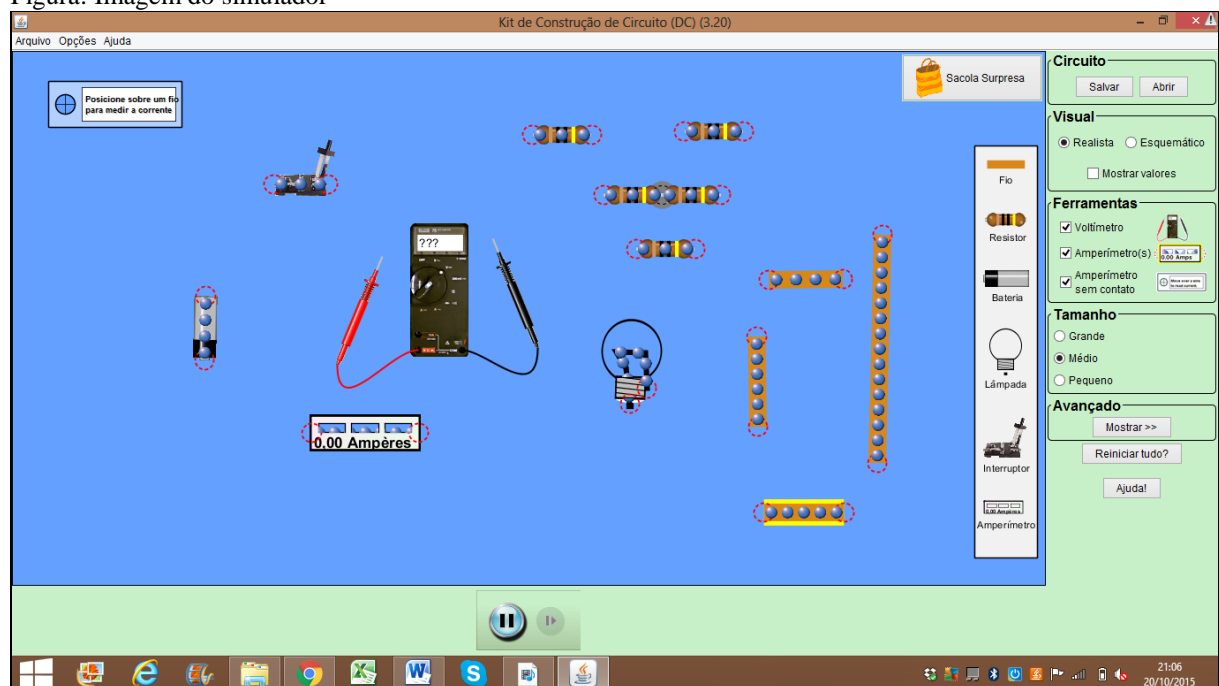
A atividade a ser proposta para os estudantes refere-se à construção de um circuito misto envolvendo os elementos apresentados no simulador.

A proposta é que os estudantes se organizem em pequenos grupos de trabalho e, ao final, apresentem para os demais colegas suas construções e como se comportam os valores de tensão e corrente em cada resistor.

Para tanto será lançado o desafio de construir três circuitos mistos envolvendo:

- 1) Três resistores
- 2) Cinco resistores
- 3) Sete resistores

Figura: Imagem do simulador



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/circuit-construction-kit-dc

APÊNDICE F - Ofício de autorização para realização de pesquisa acadêmica**OFÍCIO DE AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISA ACADÊMICA**

Por este instrumento, a Instituto Estadual Cecy Leite Costa, inscrito no CNPJ sob XXXXXXXXXXXX, com sede na Avenida Presidente Vargas, na cidade de Passo Fundo, autoriza o professor Marcelo Silva, discente do Programa de Pós-Graduação da Universidade de Passo Fundo, a desenvolver a pesquisa intitulada “Uso de tecnologias educacionais para o estudo de circuitos elétricos: proposta de uma sequência didática para estudantes do ensino médio”. A pesquisa é orientada pelo professor Dr. Marco Antonio Sandini Trentin, que poderá ser contatada para quaisquer esclarecimentos sob a realização da referida pesquisa pelo telefone 3316 8363.

Os dados coletados com o desenvolvimento da pesquisa serão na forma de registro escrito em diário de bordo pelo pesquisador, e os estudantes e a escola terão mantidos seus anonimatos, sendo a escola identificada como pertencente à rede estadual de ensino na cidade de Passo Fundo, RS.

Passo Fundo, _____ de outubro de 2015.

APÊNDICE G - Questionário da entrevista com os estudantes**QUESTIONÁRIO DA ENTREVISTA COM OS ESTUDANTES**

1. Você gosta de Física?
2. Costuma obter boas notas nas avaliações da disciplina?
3. Os conteúdos discutidos nas aulas de Física oportunizam melhorar tua compreensão do mundo?
4. Percebeu alguma diferença entre as aulas de Física realizadas antes do tópico de eletrodinâmica e as propostas na abordagem desse tópico?
5. O que mais te chamou a atenção nas atividades realizadas?
6. Houve uma mudança de sentimento em relação à disciplina de Física?
7. A partir do discutido consegue visualizar a Física nas situações vivenciais?
8. Gostaria de cursar Física?