

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Marivane de Oliveira Biazus

TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA
NO ENSINO MÉDIO: INTERFACES DE UMA
PROPOSTA DIDÁTICA PARA MECÂNICA QUÂNTICA

Passo Fundo

2015

Marivane de Oliveira Biazus

TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA
NO ENSINO MÉDIO: INTERFACES DE UMA
PROPOSTA DIDÁTICA PARA MECÂNICA QUÂNTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, do Instituto de Ciências Exatas e Geociências, da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, sob orientação da Professora Doutora Cleci Teresinha Werner da Rosa e Coorientação do Professor Doutor Luiz Eduardo Schardong Spalding.

Passo Fundo

2015

CIP – Catalogação na Publicação

- B579t Biazus, Marivane de Oliveira
 Tópicos de física moderna e contemporânea no ensino médio :
 interfaces de uma proposta didática para a mecânica quântica /
 Marivane de Oliveira Biazus. – 2015.
 93 f. : il. color. ; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) –
 Universidade de Passo Fundo, 2015.
 Orientadora: Profa. Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa.
 Coorientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Schardong Spalding.
1. Física - Pesquisa. 2. Física (Ensino médio). 3. Física -
 Instrumentos. 4. Mecânica quântica. I. Rosa, Cleci Teresinha
 Werner da, orientadora. II. Spalding, Luiz Eduardo
 Schardong, coorientador. III. Título.

CDU: 53

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora e minha orientadora, Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa, por acreditar em mim e me ajudar na concretização de mais uma etapa. Ao longo desses dois anos, compartilhou inúmeros ensinamentos que levarei para a vida. Quero agradecer, em especial, pela dedicação, atenção, paciência, pelo comprometimento, pelos conselhos e pelas palavras de motivação nos momentos difíceis. Mesmo que os passos sejam pequenos, agradeço a professora por acreditar no meu trabalho. Creio que, embora singela, estamos dando a nossa contribuição ao ensino de Física.

Ao coorientador, professor Dr. Luiz Eduardo Spalding, pelas sugestões, pelos apontamentos e pelas correções ao longo dessa etapa.

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 rico que levarei para o meu trabalho.

Aos meus colegas da primeira turma de Mestrado Profissional, pelos momentos de alegria, troca de conhecimentos e experiências que jamais esquecerei.

Ao grupo da Física da UPF, composto por professores e funcionários, pelas contribuições e pelos ensinamentos.

Aos meus queridos alunos do terceiro ano da Escola Arcoverde, pela dedicação, pelo interesse e pela participação em nossos encontros e, também, por fazerem o meu trabalho ter sentido.

À minha família, pela compreensão nos momentos em que não pude me fazer presente, pelo incentivo e apoio durante a realização dessa etapa da minha vida.

Ao meu marido, pela paciência, compreensão e pelo incentivo durante toda a caminhada.

Por fim, a Deus, por me permitir viver momentos especiais como esse.

*Educação não transforma o mundo.
Educação muda as pessoas.
Pessoas mudam o mundo.*

Paulo Freire

RESUMO

O presente estudo refere-se a uma investigação sobre a inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio. A literatura especializada tem apontado que, ao mesmo tempo em que esta se mostra um tema relevante para os estudantes nesse nível de escolarização, há pouco material didático e em ponto de uso para os professores, especialmente se consideradas a necessidade e a pertinência de aproximar os conteúdos das situações cotidianas dos alunos. A pesquisa, que se insere na linha Fundamentos teórico-metodológicos para o ensino de Ciências e Matemática, buscou discutir que implicações tem, para a aproximação dos estudantes com a FMC, mais especificamente com a Mecânica Quântica, a utilização de materiais didáticos variados e relacionados ao seu cotidiano. Desse modo, o estudo traçou como objetivo desenvolver uma sequência didática para a abordagem de tópicos de FMC no ensino médio, recorrendo, para tanto, a diferentes ferramentas didáticas e avaliando a sua pertinência. Como suporte teórico, recorreu-se à transposição didática, na perspectiva de Yves Chevallard, com intuito de analisar o caminho percorrido por um conteúdo desde sua produção na comunidade científica até sua chegada à sala de aula. Além disso, o estudo buscou apoio na teoria sociointeracionista de Lev Semenovitch Vygotsky para estruturar a sequência didática e nortear sua implementação em sala de aula. Tal sequência didática foi estruturada em vinte encontros, nos quais a mecânica quântica foi abordada, utilizando-se vídeos, documentários, simuladores, atividades experimentais, entre outras ferramentas didáticas diversificadas. A aplicação da proposta didática ocorreu em uma turma de vinte estudantes do terceiro ano do ensino médio de uma escola pública da cidade de Passo Fundo, RS. A fim de servir de subsídio ao trabalho de outros professores, as diferentes ferramentas didáticas utilizadas na sequência didática, bem como o material escrito na forma de apostila e outros recursos compilados e adaptados da literatura disponível foram reunidos em um *site*, o qual constitui o produto educacional desta dissertação, estando disponibilizado na página do PPGECEM 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 dois instrumentos de pesquisa: questionário pré e pós-teste e diário de bordo. Esses dois instrumentos possibilitaram inferir que o uso de ferramentas diversificadas e relacionadas a situações vivenciais dos alunos, assim como a opção didática por estruturar as atividades dentro de uma perspectiva que prima pelo diálogo e pela interação contribuem para que os estudantes se sintam mais motivados, interessados e próximos da FMC.

Palavras-chave: Física Moderna e Contemporânea. Mecânica Quântica. Ferramentas didáticas. Ensino Médio. Produto Educacional

ABSTRACT

The present study is an investigation about the inclusion of Modern and Contemporary Physics (MCP) in high school. Specialized literature has indicated that, although it is a relevant subject for students in this school level, there is little didactic material at the point of use for teachers, especially if considering the need and relevance of relating the content to daily life situations of the students. The research was included in the line of methodological and theoretical foundations for teaching Sciences and Mathematics, and sought to discuss the implications for students' access to MCP, more specifically Quantum Mechanics, when using diverse didactic materials related to their daily life. Thus, an objective outlined in the study was to develop a didactic sequence for approaching MCP topics in high school, hence resorting to different didactic tools and assessing their relevance. As for theoretical support, didactic transposition by Yves Chevallard's perspective was used, aiming to analyze the path made by a piece of content, since its production in the scientific community up to its introduction to the classroom. Moreover, the study sought support in Lev Semenovitch Vygotsky's social interactionist theory to study the didactic sequence and guide its application in the classroom. Such didactic sequence was structured in twenty meetings that discussed quantum mechanics through videos, documentaries, simulators, experimental activities, among other different didactic tools. The didactic proposal was applied in a group of twenty senior high school students of a public school, in the city of Passo Fundo, RS, Brazil. In order to become an aid for other teachers, the different didactic tools used in the sequence, as well as the material written as a booklet and other resources compiled and adapted from the literature available, were gathered in a website, which is the educational product of this dissertation and is available in the Postgraduate Program in Education for Sciences and Mathematics' page for free access. Lastly, data collection, which aimed to answer the initial question, was performed with two research instruments: pre- and post-test questionnaire, and a logbook. Both instruments allowed inferring that the use of diverse tools related to daily life situations of the students, as well as the didactic choice of structuring the activities within a perspective that strives for dialogue and interaction, helps students to be more motivated, interested, and close to MCP.

Keywords: Modern and Contemporary Physics. Quantum Mechanics. Didactic tools. High School. Educational Product

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Site.	44
Figura 2 – Abas superiores.	44
Figura 3 – Páginas do lado esquerdo e subpáginas.	45
Quadro 1 – Cronograma dos encontros.	48
Figura 4 – Circuito utilizado.	57
Figura 5 – Experiência realizada.	57
Figura 6 – Luminária de jardim utilizada no estudo.	58
Figura 7 – Elementos que integram o simulador utilizado na atividade.	60
Figura 8 – (a) Aparato composto por uma placa de alumínio ligada a uma haste fixa. Presa a haste fixa há uma haste móvel. Tanto a haste fixa como a móvel estão dentro de uma caixa de vidro para evitar influências externas. (b) Lâmpada de mercúrio. (c) Lâmpada de luz ultravioleta.	63

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1 A FMC NO ENSINO MÉDIO	13
1.1 A voz dos especialistas	13
1.2 O recomendado na legislação.....	18
1.3 A presença no livro didático	22
2 CONTRIBUIÇÕES DA DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS NATURAIS E DA PSICOLOGIA COGNITIVA	26
2.1 A transposição didática em Chevallard	26
2.2 As práticas sociais de referência.....	33
2.3 O ensino de FMC à luz da transposição didática.....	34
2.4 Teoria sociointeracionista de Vygotsky	37
3 O PRODUTO EDUCACIONAL E SUA APLICAÇÃO NA ESCOLA	43
3.1 Construção do produto educacional	43
3.2 Aplicação em sala de aula	47
3.2.1 Primeiro encontro: apresentação inicial – pré-teste	49
3.2.2 Segundo encontro: o que estuda a FMC	50
3.2.3 Terceiro encontro: paralelo entre a Física Clássica e a FMC	51
3.2.4 Quarto encontro: modelos atômicos	51
3.2.5 Quinto encontro: modelo padrão das partículas elementares	52
3.2.6 Sexto encontro: bóson de Higgs e colisor de Hádrons	53
3.2.7 Sétimo e oitavo encontros: resolução de exercícios	54
3.2.8 Nono encontro: primeira avaliação.....	54
3.2.9 Décimo encontro: natureza dual da luz e constante de Planck	55
3.2.10 Décimo primeiro e décimo segundo encontros: resolução e correção de exercícios..	56
3.2.11 Décimo terceiro encontro: efeito fotoelétrico – conceito e aplicações.....	56
3.2.12 Décimo quarto encontro: simulação virtual do efeito fotoelétrico	59
3.2.13 Décimo quinto encontro: frequência de corte e energia do fóton.....	60
3.2.14 Décimo sexto encontro: exemplos de aplicação matemática.....	62
3.2.15 Décimo sétimo e décimo oitavo encontros: resolução de exercícios e segunda avaliação	62
3.2.16 Décimo nono encontro: experimento – efeito fotoelétrico	62

3.2.17	Vigésimo encontro: atividade de encerramento – pós-teste	64
4	PESQUISA	65
4.1	Metodologia	65
4.2	Análise dos dados coletados	66
4.2.1	Questionário pré e pós-teste.....	67
4.2.2	Diário de bordo	75
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
	REFERÊNCIAS.....	84
	APÊNDICES	88
	APÊNDICE A - Termo de consentimento livre e esclarecido	89
	APÊNDICE B - Questionário aplicado aos alunos na forma de pré e pós-teste.....	91

INTRODUÇÃO

Pode-se datar o início do século XX como o marco inaugural da Física Moderna e Contemporânea (FMC), que provocou uma revolução no pensamento científico, oportunizando e impulsionando o desenvolvimento da tecnologia usufruída atualmente. A partir de então, e especialmente nas últimas décadas, pesquisadores, professores e mesmo os documentos oficiais vêm discutindo a sua constituição como conteúdo curricular e a sua inserção na educação básica (TERRAZZAN, 1994; SILVA; KAWAMURA, 2001; OSTERMANN; MOREIRA, 2004; MACHADO; NARDI, 2006; CHAVES, 2010; FERREIRA, 2013). A respeito do ensino desses conteúdos, Monteiro (2013) menciona que o referencial pode ser situado na década de 1950, nos Estados Unidos, com a publicação do terceiro volume do *Physical Science Study Committee* (PSSC), e que a inserção de tais tópicos na educação básica foi colocada em pauta em 1986, no contexto da Conferência sobre o Ensino da Física Moderna, realizada no Fermilab, em Illinois.

Segundo Terrazan (1994), a importância da abordagem da FMC na escola, desde a escolarização básica, decorre do seu extenso campo de aplicação, em especial, em dispositivos de uso cotidiano dos estudantes, como é o caso do telefone celular, dos computadores, sensores, dentre outros tantos equipamentos presentes no dia a dia. Nesse contexto, a necessidade de inseri-la no ensino médio não se impõe para fins de mera atualização curricular, mas pelo fato de ela fazer parte da cultura, como qualquer outra manifestação científica, devendo ser estudada, discutida, trabalhada, enfim, aproveitada no sentido mais amplo da palavra.

Diante disso, pode-se considerar que a inserção desse tópico da Física na escola apresenta, dentre outros objetivos, o de despertar o interesse do aluno para o desenvolvimento tecnológico presente em seu cotidiano, por meio de conhecimentos que são fruto das pesquisas atuais, permitindo-lhe avaliar conscientemente os impactos das novas tecnologias sobre a sociedade. A essa finalidade soma-se a de oferecer ao estudante condições de criar novas possibilidades científicas e tecnológicas, para que haja uma futura inovação, proporcionando uma melhor qualidade de vida para a sociedade como um todo.

De acordo com Ostermann e Ricci (2002), os sistemas escolares de vários países desenvolvidos, atentos a esses objetivos, já contemplam a FMC em seus currículos e, há algum tempo, vêm desenvolvendo materiais didático-pedagógicos para abordá-la. No Brasil, por sua vez, os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999) e as Orientações Curriculares Nacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino

Médio (BRASIL, 2002) destacam que o currículo deve proporcionar ao aluno a compreensão e o domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna, adquirindo competências para lidar com as situações que vivencia ou pode vir a vivenciar. Entretanto, não se percebe uma efetiva presença desses tópicos no contexto educacional, ainda que, em tempos de contextualização e de aproximação da escola com a vida dos estudantes, seja praticamente impossível pensar o ensino de Física sem conteúdos relacionados à FMC.

Contudo, as pesquisas realizadas por Oliveira et al. (2007), Machado e Nardi (2003), Silva e Almeida (2011), entre outros, apontam uma série de obstáculos que podem estar barrando essa inserção no ensino médio. Desses estudos, destaca-se a falta de preparo dos professores, que muitas vezes preferem se manter distantes desses conteúdos; a linguagem utilizada nos materiais disponíveis, que nem sempre contribui para facilitar o entendimento dos conceitos; a falta de tempo e de condições para que os professores realizem a seleção dos assuntos a serem abordados; a necessidade de novas metodologias que facilitem a transição do pensamento de uma Física mais visível e quantificável para uma mais abstrata e probabilística; a dificuldade de contemplar outros conteúdos em um currículo que já apresenta uma infinidade de tópicos – somente para citar alguns desses fatores.

Em razão de todos esses entraves, o que se observa nas escolas ainda é um ensino fortemente pautado nos conteúdos de Física Clássica, apresentado de forma fragmentada e centrado na resolução de exercícios, muitas vezes distantes da experiência vivencial do aluno, levando a que as questões apresentadas mantenham-se no centro das discussões promovidas por professores e pesquisadores. Foi a partir dessas reflexões, na condição de professora da educação básica, que constatei¹ a necessidade de propor alternativas didáticas para incluir, na escola, conteúdos de FMC, de modo a aproximar os estudantes de situações vivenciais e relacionadas ao mundo tecnológico, estabelecendo o foco principal do presente estudo. Foi, também, com base em minha experiência docente que verifiquei a escassez de um espaço que reunisse materiais didáticos referentes ao tema e em ponto de uso para os professores. Tal constatação, acrescida do desejo de mudança no quadro apresentado, levou a que me debruçasse sobre essa perspectiva, determinando, assim, o objeto de estudo deste trabalho.

Na busca por proporcionar um ensino de Física sintonizado com o mundo vivencial e essencialmente tecnológico que circunda o dia a dia dos estudantes e, ao mesmo tempo,

¹ Opto pelo emprego da primeira pessoa do singular neste trecho do texto, tendo em vista se tratar de uma justificativa pessoal.

subsidiar a ação docente com a oferta de um banco de opções didáticas, infere-se a seguinte pergunta como norteadora do estudo: **que implicações têm para a aproximação dos estudantes com a FMC, mais especificamente com a Mecânica Quântica, a utilização de materiais didáticos variados e relacionados ao seu cotidiano?**

Diante do exposto, o objetivo geral do estudo consiste em desenvolver uma sequência didática para a abordagem de tópicos de FMC no ensino médio, recorrendo, para tanto, a diferentes ferramentas didáticas e avaliando a sua pertinência. De forma mais específica, e em relação à Mecânica Quântica no ensino médio, o estudo objetiva:

- relatar pesquisas envolvendo propostas e reflexões sobre a sua inserção na escola;
- discutir o processo de transposição didática como possibilidade de análise sobre as transformações que o conhecimento sofre desde sua produção no meio científico até a chegada à sala de aula;
- apresentar a teoria sociointeracionista na voz de Lev Semenovich Vygotsky como referência para a construção de uma sequência didática;
- elaborar e implementar o sequenciamento didático para o tópico em estudo;
- avaliar a pertinência da proposta em termos de evolução nos conhecimentos dos estudantes e de suas interações;
- elaborar um *site* contendo um conjunto de ferramentas didáticas que permitam ao professor estruturar suas aulas na temática.

Para atingir tais objetivos, o estudo recorre a uma pesquisa do tipo qualitativa, na qual, de acordo com Triviños (1994), trabalham-se os dados de forma a buscar seu significado, tendo como base a percepção do fenômeno dentro do seu contexto. A descrição qualitativa procura captar não só a aparência do fenômeno, mas também suas essências, visando explicar sua origem, relações e mudanças e tentando intuir possíveis consequências. Para tanto, o estudo operacionaliza-se mediante o uso de dois instrumentos para coleta de dados: pré e pós-teste e diário de bordo. Na perspectiva de Zabalza (2004), o diário representa a possibilidade de o pesquisador registrar suas percepções da aula, podendo ser utilizadas posteriormente, inclusive como ferramenta de avaliação de sua atividade. As escolhas desses instrumentos estão pautadas na necessidade de analisar a evolução dos conhecimentos dos estudantes mediante a aplicação da proposta didática, bem como de investigar a interação dos estudantes entre si, com o professor e com o material utilizado. Todos esses aspectos são considerados na busca por responder ao questionamento central referente às implicações da proposta para a aproximação dos estudantes com os conteúdos de FMC.

Como produto educacional, o estudo apresenta um *site* contendo um conjunto de recursos didáticos para a abordagem da FMC, mais especificamente de Mecânica Quântica, no ensino médio. O *site* visa facilitar o acesso de professores e alunos a diferentes materiais e recursos sobre esses conteúdos. Para tanto, a sua estrutura oferece recursos audiovisuais, objetos interativos, simuladores, laboratório virtual, atividades experimentais, tirinhas, músicas, etc. Além disso, o *site* apresenta *slides*, exercícios, conteúdos e outros materiais que foram utilizados na elaboração da sequência didática aplicada e discutida neste estudo.

Com o objetivo de apresentar o caminho traçado na investigação e na construção do produto educacional, estrutura-se a presente dissertação em quatro capítulos. Também acompanha a dissertação o *site* hospedado em <http://www.fisicamoderna.net/>. Em termos da dissertação, no capítulo 1 é apresentada uma reflexão sobre o ensino de FMC na educação básica, com referência em investigações mapeadas mediante leitura de periódicos nacionais, da legislação nacional e de livros didáticos de Física. Já no capítulo 2 é exposta uma revisão dos conceitos básicos da transposição didática, estabelecendo uma reflexão sobre como o conhecimento (o saber sábio) produzido no contexto acadêmico se transforma em conhecimento (o saber a ser ensinado) no contexto escolar e, finalmente, em objeto de ensino. Nessa mesma seção, onde ainda são feitos alguns apontamentos de como a Transposição didática pode auxiliar no ensino de FMC, apresenta-se a teoria sociointeracionista de Lev Semenovich Vygotsky como possibilidade de estruturação das sequências didáticas utilizadas nas aulas e como suporte para sua operacionalização em sala de aula. Por sua vez, o capítulo 3 destina-se a relatar a construção do produto educacional e descreve a aplicação da proposta didática com uma turma de terceiro ano do ensino médio. O capítulo 4 é destinado a descrever a metodologia utilizada na pesquisa, seus instrumentos, bem como os resultados obtidos. Por fim, têm-se, a título de conclusão, as considerações finais, nas quais se apresentam uma síntese do estudo e as suas implicações e possibilidades futuras.

1 A FMC NO ENSINO MÉDIO

Este capítulo apresenta uma reflexão referente ao ensino de FMC na educação básica. Inicialmente, são relatadas investigações mapeadas a partir de uma leitura nos periódicos nacionais sobre a temática; na continuidade, é apresentado o entendimento da legislação nacional sobre a importância na abordagem de tópicos de FMC no ensino médio; e, ao final, é descrita a forma como os livros didáticos de Física discutem o tema.

1.1 A voz dos especialistas

As investigações relatadas nesta seção foram selecionadas a partir de um estudo realizado nos periódicos nacionais de maior expressividade na área de ensino de Física. O estudo possibilitou identificar pesquisas desenvolvidas no Brasil, bem como seus resultados e perspectivas pertinentes à inserção da FMC no ensino médio.

O primeiro estudo a ser apresentado refere-se a uma revisão sobre o ensino de FMC, contendo a análise de 102 artigos publicados em revistas de ensino de Ciências do Brasil e do exterior, no período de 2001 a 2006, desenvolvido Pereira e Ostermann (2009). Os trabalhos investigados pelos autores foram apresentados em categorias, assim dimensionadas: propostas didáticas testadas em sala de aula, levantamento de concepções, bibliografia de consulta para professores e análise curricular. Os resultados obtidos revelaram que 52 trabalhos se referiam à bibliografia de consulta para professores e cinquenta trabalhos se referiam a outras categorias. Ainda, em relação aos temas mais recorrentes, constataram que a maioria dedicava-se à Mecânica Quântica (26 artigos), outros à Relatividade Especial e Geral (onze artigos) e alguns a temas como radiação, supercondutividade, Física de partículas, Física nuclear, armas nucleares (treze artigos). Outro dado importante, destacado pelos autores, é o de que, desses trabalhos, apenas sete foram desenvolvidos por professores que atuam ou estão em formação inicial.

Desse levantamento, os autores concluíram que, apesar do aumento de publicações que apresentam resultados de pesquisa, a maioria dos artigos ainda se refere a textos de consulta para professores. Embora haja um número considerável de estudos envolvendo propostas didáticas inovadoras, poucos investigam os mecanismos envolvidos no processo de construção de conhecimento em sala de aula. Também, a maioria dos trabalhos de pesquisa que avaliam propostas didáticas em sala de aula se refere ao conteúdo e ao rigor científico com que eles foram apresentados.

Das categorias utilizadas pelos autores, a que se refere a “propostas didáticas testadas em sala de aula” trouxe pesquisas próximas ao objetivo do presente estudo e, portanto, relevantes para a elaboração desta dissertação e serão sintetizadas a seguir.

a) Silva e Kawamura (2001) abordaram o tema dualidade onda-partícula nas aulas de óptica no ensino médio. Utilizaram como estratégia uma série de questões iniciais, com a participação de aluno e professor. Essas questões foram utilizadas para estruturar as atividades em sala de aula. As atividades propostas incluíram experiências, aulas expositivas, leitura de livros didáticos e textos de divulgação científica. Os resultados encontrados pelos autores foram baseados no grau de participação dos alunos e no nível das perguntas realizadas no início, tendo-se mostrado satisfatórios.

b) Ostermann e Moreira (2004) utilizaram uma unidade didática sobre supercondutividade em turmas de duas escolas de ensino médio através da disciplina de Estágio Supervisionado. Com essa estratégia, os autores buscaram estabelecer analogias com a Física clássica à luz da teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Os resultados da pesquisa mostraram-se satisfatórios tanto na preparação dos futuros professores quanto em termos de aprendizagem dos alunos de nível médio.

c) Machado e Nardi (2006) utilizaram como estratégia didática o uso de um software em forma de um hipertexto, elaborado numa perspectiva ausubeliana que buscava desenvolver alguns conceitos específicos, dentre os quais estavam a equivalência entre massa e energia, o caráter descontínuo da evolução do conhecimento e sua provisoriedade, as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente e o papel da ética na ciência. Os resultados encontrados pelos autores sinalizam que o uso do computador foi fator de motivação, a variedade de recursos de mídia favoreceu a visualização e a interpretação dos fenômenos abordados e a estruturação do hipertexto com base em princípios ausubelianos foi um elemento facilitador da aprendizagem.

d) Paulo e Moreira (2004) desenvolveram uma unidade didática sobre Mecânica Quântica em turmas de primeiro e segundo anos do ensino médio em duas escolas da rede pública de ensino. Para as turmas de primeiro ano, foram dadas aulas sobre óptica ondulatória e o experimento de dupla fenda, antes da aplicação da unidade didática. Os resultados obtidos sinalizaram que as dificuldades de se aprender conceitos da teoria quântica não eram maiores que as dificuldades de aprendizagem relacionadas à Física Clássica e que ter conhecimento prévio de ondulatória clássica não parece influenciar de forma significativa a aprendizagem de Mecânica Quântica.

Outro estudo expressivo na área de ensino de Mecânica Quântica no ensino médio foi o desenvolvido por Silva e Almeida (2011). Os autores apresentam uma revisão de literatura em que, ao todo, 23 trabalhos periódicos nacionais e internacionais foram encontrados. Os resultados foram estruturados em cinco categorias, a saber: revisão da literatura sobre ensino de Física Moderna Contemporânea; análise curricular; análise dos conteúdos em livros que abordam Mecânica Quântica/FMC; elaboração e/ou aplicação de propostas de ensino; concepções de professores sobre o ensino de FMC no EM. Devido à proximidade com o presente estudo, apresenta-se, aqui, os trabalhos que integraram a categoria Elaboração e/ou aplicação de propostas de ensino. Nessa categoria são citadas publicações que representam propostas de como ensinar Mecânica Quântica e que avaliam os resultados alcançados após a aplicação de propostas desenvolvidas com o intuito de ensinar Mecânica Quântica. Os autores dividem o tópico em propostas efetivamente testadas e as que não foram testadas em sala de aula. A seguir, são descritos alguns desses trabalhos.

a) Sales et al. (2008) utilizaram um objeto de aprendizagem denominado “pato quântico” para trabalhar o efeito fotoelétrico e calcular a constante de Planck. Os resultados obtidos com a sua utilização foram satisfatórios, demonstrando que os ambientes computacionais constituem-se como uma ferramenta que pode facilitar a aprendizagem, por ser uma forma prazerosa e facilitadora do desenvolvimento cognitivo do aluno. Em sua análise, concluem que a grande maioria dos alunos considerou viável o uso dessa tecnologia com o conteúdo proposto, sinalizando que houve uma aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico.

b) Carvalho Neto, Freire Júnior e Silva (2009) desenvolveram e aplicaram uma proposta didática para ensinar aspectos da Mecânica Quântica, em especial, seu caráter preditivo probabilístico. Baseados na teoria da aprendizagem significativa, apresentaram a Mecânica Quântica, sem referências analógicas à Mecânica Clássica, sugerindo uma distinção entre as ideias de ambas. Constataram que os estudantes reconheceram que o ato de preparar e observar um dado sistema físico, em uma dada circunstância, define o fenômeno como ondulatório ou corpuscular; os estudantes perceberam que o elétron não é nem uma partícula clássica nem uma onda clássica e que há diferença entre o estado quântico e o estado clássico. Baseados nisso, concluíram que houve aprendizagem significativa sobre as previsões essencialmente probabilísticas da FQ. Ressaltam que, para a aprendizagem significativa do aspecto preditivo das teorias físicas, é necessária a ideia do senso comum para ancorá-la.

c) Cuppari et al. (1997) introduziram a constante de Planck usando exemplos clássicos de movimentos periódicos, introduzindo o conceito de ação, discutindo a constante de Planck

como quantum de ação e discutindo qualitativamente os limites da Mecânica Quântica e Clássica em termos da razão entre a ação do movimento e do quantum da ação e discutindo qualitativamente a quantização de energia em sistemas macroscópicos. A aplicação desse trabalho foi realizada em uma escola de nível médio da Itália. Segundo os autores, os resultados obtidos são encorajadores, mostrando ser possível introduzir conceitos de Mecânica Quântica com um grau de formalismo comparável ao que é necessário para entendê-la.

Além dos trabalhos destacados nas revisões da literatura de Ostermann e Moreira (2000a) e de Silva e Almeida (2011), foram analisados outros trabalhos cujo foco central é a utilização e aplicação de estratégias didáticas para o desenvolvimento de conceitos de Mecânica Quântica ou FMC no ensino médio.

Chaves (2010), em seu trabalho, propõe uma investigação a respeito da inserção de Mecânica Quântica no ensino médio, por intermédio de um curso de capacitação de professores. O trabalho foi realizado com 35 professores que integram a rede pública e particular de ensino do Distrito Federal. Em sua pesquisa, o autor construiu um texto de apoio embasado em trabalhos já publicados em investigações anteriores e testados em sala de aula e agregou a essas novas tecnologias de ensino, como *softwares*, vídeos, *slides*. Ao final do curso, foram disponibilizados todos os materiais utilizados nos encontros. Os resultados encontrados pelo autor demonstram que houve aprendizagem significativa e que foi possível observar uma mudança de postura por parte dos professores, no sentido de interesse e motivação em propor novos aprendizados em suas salas de aula. Ele ressalta a importância da capacitação do professor, uma vez que a sua segurança em ensinar novos temas em sala de aula, como a Mecânica Quântica, é de extrema importância para o sucesso de aprendizagem do aluno.

Ferreira (2013), em seu trabalho, relata uma experiência que teve com o uso de histórias em quadrinhos (HQs) como recurso didático para o desenvolvimento de conceitos de Física Moderna e Contemporânea, ensino médio, mais especificamente o conceito de Relatividade Restrita. O trabalho foi desenvolvido com uma turma de segundo ano, da rede pública. Aos alunos, propôs-se que, inicialmente, pesquisassem sobre o tema e, a seguir, construíssem uma história em quadrinhos, criando o texto e os personagens. Segundo o autor, ao longo do trabalho, ficou evidente que a FMC está presente em praticamente todos os aspectos da vida cotidiana e que a utilização das HQs favoreceu essa visão, facilitando o entendimento dos alunos dos conceitos abordados, tornando as aulas mais dinâmicas e interativas, além do fato de que, com isso, houve incentivo à leitura.

Carvalho Neto (2006) fez uma proposta de ensino que considera aspectos preditivos das Mecânicas Clássica e Quântica, porém, preocupando-se com os conceitos envolvidos com a natureza da ciência. O estudo foi aplicado, reelaborado e aplicado novamente em um terceiro ano do ensino médio. Utilizou-se de entrevistas para pré-testes e pós-testes, com intenção de verificar a aprendizagem significativa, já que seu trabalho tinha como referencial David Ausubel. Como recurso de aula, foi utilizado o vídeo. O vídeo apresentado era de um experimento real, no qual é possível perceber um padrão de interferência. A ideia da apresentação do vídeo era aproximar a visão do estudante com a fenomenologia quântica, focando no aspecto preditivo probabilístico da MQ. Como resultado da sua experiência, o autor destaca que houve aprendizagem significativa dos alunos no preditivo intrinsecamente probabilístico da MQ, o que representou um importante avanço na percepção de uma fenomenologia propriamente quântica e uma reflexão mais crítica acerca das limitações do determinismo clássico implícito na segunda lei de Newton.

Da revisão realizada, pode-se observar que há diversas contribuições em termos de pesquisa e aplicação de trabalhos nas últimas duas décadas com a intenção de trabalhar a FMC no ensino médio. Isso revela que a sua inserção é possível e se faz necessária, visto que se apresenta como uma forte tendência para a renovação do currículo atual. No entanto, alguns autores, como Ostermann e Moreira (2004), trazem uma reflexão acerca desses trabalhos que vêm sendo desenvolvidos. Para esses autores, ainda há uma carência de pesquisas que apresentem propostas efetivamente testadas em sala de aula e os resultados obtidos em termos de aprendizagem. Além disso, sinalizam que poucos professores que atuam em sala de aula têm promovido essa inserção da Física e realizado a análise dos impactos produzidos por ela.

Por fim, um aspecto importante que esses trabalhos produzidos revelam é que as propostas didáticas desenvolvidas e aplicadas em sala de aula, em sua maioria, são pontuais, ou seja, contemplam alguns tópicos de FMC. No caso da Mecânica Quântica observa-se que tais tópicos, por vezes, são discutidos a partir de um comparativo ou de uma relação com os conteúdos da Física Clássica. As pesquisas apresentadas referem-se a intervenções pedagógicas importantes que, embora limitadas a um pequeno número de aulas, apresentam uma riqueza de informações quanto à receptividade dos alunos aos novos conteúdos e às metodologias que podem ser desenvolvidas para a sua inserção. Isso abre a possibilidade de se utilizar essas propostas que já foram testadas como subsídios para os professores, que, em suas práticas, farão a adaptação necessária ao seu contexto escolar.

1.2 O recomendado na legislação

Para orientar e embasar este trabalho, foram analisados alguns documentos oficiais sobre o ensino de Física no ensino médio, a saber: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – Lei nº 9697/94 (BRASIL, 1996); Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999); e, mais recentemente, as Orientações Curriculares Nacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) considera o ensino médio como sendo a última etapa da educação básica e elenca como seus objetivos o aperfeiçoamento e a consolidação dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando ao aluno o prosseguimento dos estudos ou habilitando-o ao trabalho. Além disso, nessa etapa, o jovem deve ser preparado para adquirir autonomia intelectual, pensamento crítico e capacidade de atuar e interferir na sociedade em que vive.

No que se refere à ciência, a LDB sinaliza, em seu artigo 35, inciso IV, que uma das finalidades do ensino médio é a “compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina” (BRASIL, 1996, p. 15). Conforme o artigo 36, inciso I, o currículo deverá “destacar a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania” (BRASIL, 1996, p. 15).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNs) consideram a Física como um campo de conhecimentos específicos em construção e socialmente reconhecidos. Nesse sentido, o conhecimento é uma construção humana, por isso, não se constitui em uma verdade absoluta e definitiva. O cientista ou pesquisador, por sua vez, é um sujeito histórico e social, ou seja, situado num contexto econômico, político, social e cultural e que por ele é influenciado. Por isso, para compreender a ciência, é necessário considerar a sociedade onde ela é produzida, perceber os interesses das instituições de pesquisas que a apoiam e sustentam, e entender que o meio social e os avanços técnicos e científicos se interligam.

Ainda, o conhecimento de Física deve constituir-se em um instrumento para a compreensão do mundo e deve ser apresentado ao jovem de forma que possa transformar esse conhecimento em uma ferramenta a mais em suas formas de compreensão do mundo, da sua forma de agir e de pensar. Deve permitir que os jovens adquiram competências para lidar com

as situações que vivenciam ou que venham a vivenciar no futuro, muitas delas novas e inéditas. Sendo assim:

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional (BRASIL, 1999, p. 22).

Os PCNs tratam também da necessidade de construir uma escola voltada para a formação de cidadãos críticos, socialmente conscientes e integrados na sociedade, e, dessa forma, é preciso criar condições que permitam aos alunos ter acesso ao conjunto de conhecimentos socialmente elaborados e reconhecidos como necessário para o exercício da cidadania.

Os PCN+ propõem que a Física deve ter outro olhar, voltado “para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (BRASIL, 2002, p. 56). Para isso, a Física precisa fornecer um conjunto de competências que permita ao aluno perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante a partir de princípios, leis e modelos por ela construído.

Dessa forma, a educação deve capacitar os estudantes para uma atuação social e histórico-crítica sob o horizonte de transformação de sua vida e do meio que o cerca. A Física, em especial, deve educar para a cidadania e contribuir para o desenvolvimento de um sujeito crítico em relação ao universo de conhecimentos que o cerca e para a devida reflexão sobre o mundo das ciências, sob a perspectiva de que essa não é somente fruto da racionalidade científica.

Os documentos também sinalizam que a Física não deve ser apresentada aos alunos como conteúdos específicos, fragmentados ou como técnicas de resolução de exercícios, visto que esse tipo de ensino gera, na melhor das hipóteses, a mera reprodução de conhecimentos de pouca utilidade fora da escola. No entanto, conforme mencionado nos PCNs, o ensino de Física que vem sendo praticado no ensino médio é abstrato e desvinculado da realidade dos alunos:

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas. Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. Além disso, envolve uma lista de conteúdos demasiadamente extensa, que impede o aprofundamento necessário e a instauração de um diálogo construtivo (BRASIL, 1999, p. 22).

O cenário apresentado deve-se a vários fatores, dentre os quais estão o despreparo dos professores e as limitações impostas pelas condições escolares deficientes, mas não só isso; também há uma deformação estrutural, que veio sendo gradualmente incorporada pelos participantes do sistema escolar e que passou a ser tomada como coisa natural. No passado, esses moldes de ensino “funcionavam bem”, porque o ensino médio tinha outras finalidades e era coerente com as exigências de então.

Em vista a essa situação, é necessário analisar qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Para tal, será necessário que os conhecimentos sejam contextualizados e integrados à vida dos jovens, apresentando-se

uma Física que explique a queda dos corpos, o movimento da lua ou das estrelas no céu, o arco-íris e também os raios laser, as imagens da televisão e as formas de comunicação. Uma Física que explique os gastos da “conta de luz” ou o consumo diário de combustível e também as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios. Uma Física que discuta a origem do universo e sua evolução. Que trate do refrigerador ou dos motores a combustão, das células fotoelétricas, das radiações presentes no dia-a-dia, mas também dos princípios gerais que permitem generalizar todas essas compreensões. Uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado (BRASIL, 1999, p. 23).

É preciso levar em consideração que, na educação básica, o ensino de Física destina-se principalmente àqueles que não serão físicos e terão na escola uma das poucas oportunidades de acesso formal a esse conhecimento. “Há de se reconhecer, então, dois aspectos do ensino da Física na escola: a Física como cultura e como possibilidade de compreensão do mundo” (BRASIL, 2006, p. 53) conforme preconizado pelas orientações curriculares para o ensino médio:

Assim, o que a Física deve buscar no ensino é assegurar que a competência investigativa resgate o espírito questionador, o desejo de conhecer o mundo e que se habita. Não apenas de forma pragmática, como aplicação imediata, mas expandindo a compreensão do mundo, a fim de propor novas questões e, talvez encontrar soluções. Ao se ensinar Física devem-se estimular as perguntas e não somente as respostas as situações idealizadas (BRASIL, 2006, p. 53).

Como ponto de partida para as práticas pedagógicas, os PCNs e os PCN+ sugerem seis temas: Movimento, variações e conservações; Calor, ambiente e usos de energia; Som, imagem e informação; Equipamentos elétricos e telecomunicações; Matéria e radiação; e Universo, Terra e vida. Dentro de cada um desses temas, os conteúdos específicos podem ser aprofundados e contextualizados em relações interdisciplinares, sob uma abordagem que contemple os avanços da Física nos últimos anos e suas perspectivas, inclusive aspectos históricos, sociais e filosóficos. Indicam também que alguns temas considerados relevantes e atuais merecem atenção, como a nanotecnologia, além de outros de forte relação com aspectos sociais, como as contribuições da Física nas questões ambientais.

No que se refere às abordagens à Física Moderna, os documentos sinalizam a necessidade de atualizar os conteúdos, dando ênfase à Física Contemporânea ao longo de todo o curso, em cada tópico, como um desdobramento de outros conhecimentos e não necessariamente como um tópico a mais no fim do curso. Por exemplo, ao se trabalhar a Ótica e o Eletromagnetismo, com os conteúdos tradicionais, poderia se introduzir e discutir os modelos microscópicos, a natureza ondulatória e quântica da luz e sua interação com os meios materiais, assim como os modelos de absorção e emissão de energia pelos átomos, abrindo, assim, espaço para uma abordagem quântica da estrutura da matéria. Também podem ser abordados os semicondutores e outros dispositivos eletrônicos contemporâneos. Ao se abordar a teoria da gravitação, poderia se abrir a possibilidade de um efetivo aprendizado de Cosmologia, assim como de noções sobre a constituição elementar da matéria e energética estelar.

Lidar com o arsenal de informações atualmente disponíveis depende de habilidades para obter, sistematizar, produzir e mesmo difundir informações, aprendendo a acompanhar o ritmo de transformação do mundo em que vivemos. Isso inclui ser um leitor crítico e atento das notícias científicas divulgadas de diferentes formas: vídeos, programas de televisão, *sites* da Internet ou notícias de jornais. Assim, o aprendizado de Física deve estimular os jovens a acompanhar as notícias científicas, orientando-os para a identificação sobre o assunto que está sendo tratado e promovendo meios para a interpretação de seus significados. Notícias como uma missão espacial, uma possível colisão de um asteroide com a Terra, um novo método

para extrair água do subsolo, uma nova técnica de diagnóstico médico envolvendo princípios físicos, o desenvolvimento da comunicação via satélite, a telefonia celular, são alguns exemplos de informações presentes nos jornais e programas de televisão que deveriam também ser tratados em sala de aula.

Tais documentos mostram que o “Novo Ensino Médio” deve priorizar “[...] a formação geral em oposição à formação específica; o desenvolvimento de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização” (BRASIL, 1999, p. 5). Diante do exposto, é possível perceber que os documentos reforçam a importância e a pertinência da discussão da presença de assuntos da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. Contudo, questiona-se: como os livros didáticos têm contemplado o tema? Quais os principais aspectos considerados pelos autores na abordagem do tema Mecânica Quântica no ensino médio?

1.3 A presença no livro didático

Na busca por refletir sobre as questões apresentadas no final da seção anterior, apresenta-se uma breve descrição da FMC, em algumas das obras didáticas frequentemente utilizadas no ensino de Física, especialmente na escola pública. As obras selecionadas para a análise são as coleções que integram o Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) do ano de 2014.

Inicia-se pela obra *Física*, dos autores Osvaldo Guimarães, José Roberto Piqueira e Wilson Carron, volume 3, Editora Ática. O livro apresenta, na unidade quatro, três capítulos voltados para a FMC. No primeiro capítulo, são trazidos os aspectos históricos que demarcam o início da Física Moderna, em seguida, trabalha-se a relatividade, a teoria quântica, o efeito fotoelétrico, os modelos atômicos e, por fim, a dualidade onda-partícula e o princípio da incerteza. No segundo capítulo, é abordado o tema radioatividade e suas interações com a matéria e a energia nuclear. No terceiro capítulo, é abordado o tema cosmologia e partículas elementares. Cada capítulo apresenta a teoria, equações matemáticas, exemplos e exercícios de aplicação.

A linguagem e a matemática utilizadas são simples, de fácil acesso para o aluno. Ao longo dos capítulos, são inseridas algumas seções que trazem textos fazendo inferências a abordagens históricas ou aplicações dos conceitos apresentados, como por exemplo, no primeiro capítulo, o livro apresenta um texto que aborda as aplicações das células

fotoelétricas em portas automáticas e no acendimento automático de lâmpadas em postes de iluminação.

A segunda obra analisada intitula-se *Conexões com a Física*, dos autores Gloria Martini et al., volume 3, Editora Moderna, 2014. Nessa obra, a quarta unidade do terceiro volume, denominada “Questões da Física do século XXI”, é composta por três capítulos voltados para tópicos de Física Moderna. No primeiro capítulo, é abordada a teoria da relatividade, no segundo, são abordados os temas efeito fotoelétrico, dualidade onda-partícula e princípio da incerteza. No terceiro capítulo, cujo título é “Os desafios da Física do século XXI”, são trazidos os temas modelos atômicos e o modelo padrão; bóson de Higgs; nanotecnologia.

São apresentados conceitos, equações matemáticas, exemplos e exercícios. Os temas são apresentados de forma bem sucinta e a linguagem utilizada é permeada por termos técnicos. No final dos capítulos, são inseridas seções, que fazem abordagens históricas e aplicações dos conceitos vistos. Em uma das seções, chamada “Saber físico e a tecnologia”, há um texto sobre o chip CCD usado nas máquinas fotográficas digitais e sua relação com o efeito fotoelétrico, e, em outra seção, é apresentada a equivalência entre massa e energia nos processos de fissão e fusão nuclear.

A terceira obra, denominada *Física: contexto & aplicações*, tem como autores Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga e foi editada pela Scipione, em 2014. O livro traz, na unidade quatro, “Física Contemporânea”, um capítulo sobre Física Moderna, o qual inicia abordando a relatividade em seus aspectos históricos e, em seguida, trabalha a relatividade especial, seguida da relatividade geral, posteriormente, o surgimento da Mecânica Quântica, da radiação e do efeito fotoelétrico.

Os conceitos apresentados são baseados principalmente em fatos históricos, poucas fórmulas matemáticas são apresentadas e os exercícios são, em sua maioria, conceituais. No final do capítulo, são apresentadas algumas seções que apresentam aplicações, como por exemplo, o perigo das radiações eletromagnéticas mostra a relação das radiações e os fótons de energia e as suas consequências nos humanos.

Como quarta obra, menciona-se o livro *Física – Eletromagnetismo – Física Moderna*, de autoria de José Roberto Bonjorno et al., terceiro volume, da FTD, 2014. Na unidade quatro, “Física Moderna”, são apresentados três capítulos voltados à Física Moderna. O primeiro capítulo inicia com os aspectos históricos acerca da natureza da luz, descreve a experiência de Fizeau, aborda a questão do éter e, após essa introdução, traz a teoria da relatividade. No capítulo dois, aborda a Mecânica Quântica, iniciando pela emissão do corpo

negro, passando ao efeito fotoelétrico, ao efeito Compton e, por fim, à estrutura da matéria. No último capítulo, aborda a radioatividade, iniciando pelos aspectos históricos, pelos elementos radioativos e pelas reações nucleares.

São apresentados conceitos, equações matemáticas, exemplos e exercícios de cada tema apresentado. No decorrer dos capítulos, são mostrados pequenos quadros que fornecem explicações adicionais sobre o assunto tratado. Também são apresentadas seções nas quais são descritas aplicações dos conceitos e aspectos históricos importantes, como, por exemplo, em uma das seções, há um texto explicando como funciona a imagem por ressonância magnética.

A quinta obra analisada é a obra *Compreendendo a Física: Eletromagnetismo e Física Moderna*, de Alberto Gaspar, terceiro volume, da Editora Ática, 2014. A unidade quatro, “Física Moderna”, apresenta três capítulos destinados à Física Moderna. O primeiro capítulo inicia com a história de Einstein e passa a abordar a teoria da relatividade. No capítulo seguinte, inicia-se o estudo da Mecânica Quântica, primeiramente em seus aspectos históricos, e, na sequência, é abordado o conteúdo relacionado aos raios catódicos, à radiação do corpo negro, à constante de Planck, à radioatividade e aos modelos atômicos. No último capítulo, abordados temas contemplados são o princípio da exclusão de Pauli, o princípio da incerteza, a física das partículas, os quarks, o modelo padrão e o bóson de Higgs.

São apresentados conceitos, equações matemáticas, exemplos e exercícios. Entremio aos conceitos, existem quadros com explicações adicionais dos temas tratados, aplicações e momentos históricos. No final de cada capítulo, há uma sugestão de atividade prática que pode ser realizada com questionamentos.

De modo geral, os temas encontrados nos livros didáticos se referem a relatividade, efeito fotoelétrico, radiações e cosmologia. Quanto à forma de apresentação desses assuntos, existe uma grande diferença entre um livro e outro no que se refere à quantidade de tópicos apresentados, na abordagem histórica dos eventos que levaram à descoberta e ao desenvolvimento da teoria, à ordem em que os assuntos são apresentados, à abordagem matemática, à quantidade de exercícios propostos e à ênfase entre um assunto e outro. Por outro lado, pode-se observar uma convergência quanto à metodologia usada, que é a apresentação do conceito, exemplos de resolução matemática de problemas e exercícios de fixação. Outro aspecto comum a todos os livros é que a Física Moderna é sempre reunida em uma unidade disposta no final da obra.

Destaca-se também que todos os livros analisados procuram se valer de ilustrações para melhor exemplificar os conceitos, esquemas demonstrando experimentos realizados e, inclusive, fotos de aparelhos utilizados em laboratórios. Alguns livros trazem notícias

vinculadas em revistas científicas, relacionando os conceitos com outras áreas do conhecimento, com situações cotidianas e relacionadas também a questões ambientais.

É possível evidenciar que os livros atuais trazem um olhar maior para a Física Moderna, mas, no entanto, ainda é insuficiente para subsidiar o trabalho do professor e a produção de uma aprendizagem satisfatória para o aluno. Os conteúdos apresentados em alguns livros são muito resumidos, necessitando-se a busca de um entendimento maior em outras fontes, por parte do professor para poder desenvolver a sua aula e sentir-se seguro ao abordar os conceitos em sala de aula. Além disso, a abordagem dos temas segue uma metodologia tradicional com poucas sugestões de atividades diferenciadas que possam sair do método tradicional, com o uso de quadro, giz, livro didático e exercícios. Em alguns momentos, há ênfase na resolução matemática em detrimento do entendimento conceitual.

Outra questão que merece destaque é o fato de a FMC se encontrar no final do livro, e, ainda, no terceiro ano do ensino médio, ou seja, ao final da educação básica. Devido à carga horária da disciplina, à quantidade de conteúdos e ao fato de ser componente trabalhado com alunos concluintes do ensino médio, esses conceitos, na maioria das vezes, não são trabalhados, por falta de tempo – e, quando são, apenas uma pequena quantidade de períodos é destinada a esse estudo.

2 CONTRIBUIÇÕES DA DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS NATURAIS E DA PSICOLOGIA COGNITIVA

Neste capítulo, é realizada uma revisão dos conceitos básicos da teoria da transposição didática na perspectiva de Yves Chevallard, acrescida das discussões de Jean-Pierr Astolfi. O objetivo é proporcionar uma discussão sobre como o conhecimento (o saber sábio) produzido no contexto acadêmico se transforma em conhecimento (o saber a ser ensinado) no contexto escolar e como esse se torna, efetivamente, saber ensinado ao aluno. Como incremento à discussão, o capítulo aborda as esferas do saber e como a transposição didática influencia a presença da FMC em sala de aula. Por fim, o capítulo apresenta uma breve explanação sobre a teoria sociointeracionista de Lev Semenovich Vygotsky, que será utilizada como referência para a elaboração e estruturação da sequência didática.

2.1 A transposição didática em Chevallard

Conforme visto no capítulo anterior, muitos professores e pesquisadores já demonstraram que a inserção de FMC no currículo de Física é necessária e possível, no entanto, existem muitos desafios que ainda são entraves à sua inserção. Um deles, talvez o que tem mais impacto, é a forma como se dá a aprendizagem desses novos conceitos pelo aluno, uma vez que é necessário que o professor utilize metodologias diferenciadas que possibilitem a construção desse conhecimento.

O ensino de Física ainda se apresenta em um cenário pedagógico sem muita flexibilidade, baseado no repasse mecânico de conteúdos desvinculados da realidade do aluno. Os professores estão cercados de condições que lhe são impostas na escola, tais como a preocupação com o cumprimento do que está previsto no currículo, ou a pressão por resultados nos concursos de vestibular ou no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Isso sem levar em conta o tamanho das turmas e a pequena carga horária da disciplina. Dessa forma, a inovação curricular acaba se distanciando cada vez mais dos anseios e das necessidades de um novo ensino. No sentido de buscar alternativas para transpor esses obstáculos, a compreensão de como a produção científica migra da comunidade acadêmica para a sala de aula pode contribuir para uma inserção efetiva de conceitos de FMC no ensino médio.

A transposição didática, na literatura, é vista como um instrumento cuja função consiste em analisar o processo de transformação do conhecimento desde o contexto

científico, no qual é gerado, até o contexto escolar, onde é ensinado. Por meio dela, é possível compreender as diferentes formas do saber, as suas estruturas organizacionais e as relações estabelecidas entre os sujeitos envolvidos no processo. Em síntese, a transposição didática é um conjunto de transformações que torna o saber sábio em saber ensinável.

De acordo com Rosa (2001), o conceito de transposição didática foi formulado inicialmente pelo sociólogo Michel Verret, na sua tese de doutorado, *Le temps des études*, publicada em 1975. Contudo, foi em 1982 que, ao analisar o conceito de “distância”, Chevallard retomou o conceito e o adaptou ao campo da investigação no contexto do ensino de Matemática. Ao analisar a ideia em um contexto específico, ele organizou e desenvolveu uma teoria que o tornou conhecido na área de Ciências e Matemática.

Chevallard (1991) examina que o saber não chega à sala de aula tal qual foi produzido no contexto científico. Ele passa por um processo de transformação, que implica lhe dar uma “roupagem didática” para que possa ser ensinado. O teórico define a transposição didática como um instrumento eficiente para analisar o processo por meio do qual o saber produzido pelos cientistas (o saber sábio) se transforma naquele que está contido nos programas e livros didáticos (o saber a ser ensinado) e, principalmente, naquele que realmente aparece na sala de aula (o saber ensinado).

Sendo assim, a transposição didática é entendida como um processo no qual:

Um conteúdo do conhecimento tendo sido designado como saber a ensinar sofre então um conjunto de transformações adaptativas que vão torná-lo apto a tomar lugar entre os objetos de ensino. O “trabalho” que de um objeto de saber a ensinar faz um objeto de ensino é chamado de transposição didática (CHEVALLARD, 1991, p. 39, tradução nossa).

Conforme Pinho-Alves (2000), para que ocorra a transposição didática, é necessário um “ponto de partida”, referindo-se, nesse caso, ao saber produzido pelos cientistas em suas palavras originais. Esse é estabelecido segundo métodos específicos e regras impostas pelo estatuto da comunidade à qual pertence, portanto, um conhecimento sólido que servirá de referência para o objeto de ensino. Esse é o denominado “saber sábio”.

Quando o saber sábio passa para o âmbito escolar, sofre modificações em sua forma original. Isso acontece porque o objetivo da comunidade científica e da escola é diferente. À ciência cabe responder às perguntas que são formuladas e necessárias de serem respondidas em um determinado contexto histórico e social. Já a escola tem o papel de comunicar e difundir esses saberes na forma de conteúdo escolar, que é um “objeto didático produto de um

conjunto de transformações” (PINHO-ALVES, 2000, p. 229). Nessa concepção, o processo de inserção de conceitos científicos nas escolas é a arte de construção de objetos de ensino.

Nesse sentido, a transposição didática permite a análise da evolução do saber, possibilitando uma fundamentação teórica para uma prática pedagógica mais reflexiva e questionadora. Além disso, a forma como o conhecimento produzido pela ciência será adaptada à sala de aula poderá determinar o sucesso ou insucesso à aprendizagem. Para Chevallard, isso equivale à capacidade e à necessidade constante de o professor exercer uma vigilância epistemológica em seu magistério. A transposição didática é, para o professor, “uma ferramenta que permite recapacitar, tomar distância, interrogar as evidências, pôr em questão as ideias simples, desprender-se da familiaridade enganosa de seu objeto de estudo. Em uma palavra, é o que lhe permite exercer sua vigilância epistemológica”. (CHEVALLARD, 1991, p. 16).

A transposição didática vem mostrar que é impossível criar uma forma de ensino que seja garantia de sucesso, tampouco é um processo que ocorre de forma simples e pacífica, visto que o sistema e o ensino tradicional oferecem grandes resistências ao novo. Nesse processo, o professor tem papel fundamental e será necessário que se arrisque a tentativa de inovação. Cabe a ele perceber que “o reconhecimento da transposição didática supõe romper sua participação harmoniosa no funcionamento didático. O sistema didático não é efeito de nossa vontade” (CHEVALLARD, 1991, p. 16, tradução nossa).

Diante disso, será preciso buscar alternativas que visem à integração dos diversos interesses presentes no contexto educacional: as possibilidades obtidas com os resultados da ciência, a formação para a cidadania, o prazer de conhecer, as expectativas dos alunos, pais, escola e comunidade que depositam na educação a solução dos problemas enfrentados pela sociedade. Buscar formas de ensino que contemplem esses interesses vai exigir do professor uma reflexão constante de sua prática e o preparo para lidar com os conflitos que surgirão.

Para Pinho-Alves (2000), é inegável que a transposição didática está presente no processo ensino-aprendizagem e que o professor deve ter a consciência da importância e do papel que ela desempenha, visto que isso pode viabilizar o desenvolvimento de um ensino menos fragmentado e mais contextualizado. Com isso, há a possibilidade de se criar um ambiente em que o aluno possa desenvolver a capacidade de resolver problemas reais e condizentes com as situações vivenciadas no seu dia a dia. Ainda, “abre caminho para a compreensão de que a produção científica é uma construção humana, portanto, dinâmica e passível de equívocos, mas que, ao mesmo tempo, tem um grande poder de solução” (PINHO-ALVES, 2000, p. 233).

Considerando-se o exposto e olhando-se especificamente a transposição didática no ensino de Física, nota-se que os conteúdos apresentados não são neutros, mas sim o fruto de escolhas. Estas, por sua vez, nascem de um alinhamento epistemológico vigente, ou seja, numa concepção de ciências, dentro de um contexto social e em uma época. Os conteúdos seguem uma ordem lógica, uma hierarquia conceitual, não seguem a ordem em que se deram as descobertas científicas. Portanto, tal lógica não é historicamente verdadeira, pois cria uma sequência e aproxima conceitos e eventos distantes no tempo.

Esses aspectos inerentes ao ensino de Física, geralmente desconsiderados e revelados pela transposição didática, mostram que, para a inserção de Mecânica Quântica no ensino médio, é necessário fazer uma reflexão sobre a forma como esse conteúdo será transposto para a sala de aula. O desejo intenso de propiciar um ensino diferente do atual, mais desafiador, interessante e motivacional e que esteja relacionado com a realidade do aluno, pela inclusão dessa parte da Física, não deve mascarar os desafios e os problemas reais para se fazer a inserção. Chevallard sinaliza que

[...] devemos em princípio abster-nos de ensinar temas, incluindo os “interessantes” (desde o ponto de vista do professor), para os quais não se disporia (ou não todavia) de uma transposição didática satisfatória. Essa consideração se faz expressa na fina observação que citamos, pertencente a sir Richard Livingstone (*The Future of Education*, 1941): “Se reconhece o bom mestre pelo número de temas valiosos que se abstém de ensinar” (1991, p. 54, tradução nossa).

Entende-se, com isso, que o processo de transposição didática está ligado a um contexto social, o que exige do professor a sensibilidade de compreender quais conhecimentos estarão adequados à sua realidade. Acreditar na transposição didática implica aceitar a existência de todo um processo de transformação sofrido pelos saberes ao serem transpostos para outro contexto que não o de sua gênese e, sendo assim, o seu sucesso se dará pelas escolhas que serão feitas pelo professor.

Salienta-se que a inserção da FMC no ensino médio é permeada por muitos desafios, dentre os quais, a falta de preparo dos professores, a falta de material adequado, a dúvida sobre que conceitos abordar e em que momento, além da metodologia que deve ser utilizada. O professor é o centro de toda a transformação, pois tem a responsabilidade de fazer “as escolhas” e, também, a possibilidade de avaliar o que deu certo e errado nesse processo.

Ainda, é preciso considerar que os temas abordados pela FMC, especificamente os vinculados à Mecânica Quântica, são complexos, o que exige uma transposição didática cuidadosa, que a apresente de uma forma menos dogmática possível, que crie novas conexões lógicas do saber, facilitando a aprendizagem, que rompa a visão empirista da ciência e que

abra um espaço para discussões de como o desenvolvimento científico se entrelaça às tecnologias e ao modo como a sociedade se estrutura. É importante estar atento, para que não se construa uma visão errada da FMC, ou para que esta não seja levada a uma simplificação demasiada ao ponto de se tornar sem sentido para o aluno.

Na teoria da transposição didática, Chevallard (1991) define os saberes em três esferas ou patamares de saber: o saber sábio, o saber a ser ensinado e o saber ensinado. Cada um deles apresenta sua particularidade, representados por diferentes grupos sociais, com interesses distintos e regras próprias, que influenciam as mudanças por eles sofridas ao longo de seu percurso epistemológico. Todos esses saberes são interligados em uma esfera denominada por Chevallard de noosfera, que tem como função centralizar, operacionalizar e conduzir a transposição didática.

É na noosfera que se pensa o funcionamento do sistema didático, assim como sua execução. Também é onde surgem as ideias, ocorrem os conflitos, as transformações do saber e onde são debatidas as soluções para os problemas oriundos da sociedade por diferentes segmentos como cientistas, educadores, professores, políticos, autores de livros didáticos, pais de alunos, entre outros interessados no processo de ensino.

Segundo Chevallard:

A noosfera é o centro operacional do processo de transposição, que traduzirá nos fatos a resposta ao desequilíbrio criado e comprovado (expresso pelos matemáticos, pelos pais, pelos professores mesmos). Ali se produz todo conflito entre sistema e entorno e ali encontra seu lugar privilegiado de expressão. Neste sentido, a noosfera desempenha um papel de obstáculo (1991, p. 34, tradução nossa).

Nesse âmbito, são delimitadas as competências, as responsabilidades e os poderes de cada indivíduo envolvido nesse processo. Também são definidos os currículos que deverão ser inseridos no contexto escolar, baseado nas necessidades e nos anseios da sociedade. É nesse momento em que se faz a seleção do que se deve levar do saber original para o saber a ser ensinado, realizando-se as transformações e adequações necessárias para a sua inserção no ambiente escolar.

Vista dessa forma, a noosfera é a mediadora do saber que é transportado e modificado entre as três esferas, pelos seus diferentes personagens que atuam durante todo o processo, demonstrando a sua influência, desde a escolha do que poderá ser transposto para o contexto escolar até a própria atuação do professor na sala de aula. A respeito disso, Pinho-Alves leciona que:

O saber ensinado é de extrema instabilidade, pois o ambiente escolar — com os alunos e seus pais, supervisores escolares, diretores ou responsável pelas instituições de ensino e o meio social em que a instituição está inserida - exerce fortes pressões sobre o professor, que acabam interferindo em suas ações desde o momento que prepara sua aula até o lecionar de fato (2000, p. 179).

A atuação da noosfera fica mais clara quando se analisa a dinâmica da sala de aula. A escolha do livro didático, os exemplos, as demonstrações, as experiências e até os exercícios utilizados pelo professor sofrem a influência dos interesses internos e externos a sala de aula, que, de certo modo, direcionam a forma com que o conhecimento é relacionado com a ciência. Compreender todo esse processo que se dá do saber desde sua criação na comunidade científica até sua chegada às salas de aula e como ele se desenvolve abre a possibilidade de se avaliar os impactos produzidos nos alunos e, conseqüentemente, a construção de conhecimentos mais significativos.

O saber sábio diz respeito ao saber original, aquele produzido pela comunidade científica e que servirá de referência para o saber a ser ensinado. Esse saber passa pelo julgamento desse meio, com sua legislação e regras próprias, até tornar-se público, quando é divulgado em revistas específicas congressos ou periódicos científicos. Nesse momento, o conhecimento está pronto, refinado e apresenta-se em uma linguagem formal, própria das ciências, revelando as suas especificidades intrínsecas. Os atores desse processo são os cientistas e intelectuais que, mesmo tendo diferenças idiossincráticas ou diferentes visões de Ciências, fazem parte de uma mesma comunidade de pesquisa, com perfil epistemológico bem definido.

Para que o saber sábio possa ser transposto para o ambiente escolar, ele precisa se transformar em outro saber, que possa ser apresentado e aprendido pelos alunos. Trata-se do saber a ensinar, que corresponde à transposição didática externa e encontra-se na produção de livros didáticos, manuais de ensino e de programas escolares que têm como alvo universitários e professores do ensino médio.

Nessa esfera, o conhecimento é reorganizado seguindo uma lógica, que não é linear, ou seja, não segue a ordem cronológica da descoberta e elementos são inseridos de modo a apresentar uma linguagem mais simples e didática para ser apresentado ao contexto escolar. Nesse processo, o saber sábio é descaracterizado de seu contexto epistemológico, histórico e de sua linguagem, fazendo com que o saber a ensinar tenha um novo contexto, muitas vezes sem relação com o saber de referência. Isso se faz necessário, pois “a transposição didática muitas vezes necessita criar objetos de saber novos que não têm diálogo no saber sábio, tendo uma criatividade didática, quer dizer criação de objetos que não figuram no saber sábio”

(PINHO-ALVES, 2000, p. 227). Fazem parte dessa esfera os autores de livros ou manuais didáticos e de divulgação científica, os professores, os especialistas de cada área, representantes do governo envolvidos com educação e ciências e a própria sociedade.

É importante salientar que esse saber, ao contrário do saber sábio, que, quando é legitimado, se torna parte da cultura da sociedade, pode não sobreviver até o final da transposição didática. Por pressão de grupos provenientes da noosfera, eles podem ser descartados quando se tornam obsoletos ou banalizados no contexto sociocultural. Essa ação tem por objetivo a melhoria do ensino através de uma melhora da aprendizagem.

A terceira esfera do saber representa a segunda transposição didática, agora interna, pois se dá no interior do espaço escolar. Nesse processo, o conhecimento deve ser adequado para formar o sequenciamento das aulas, que efetivamente levarão o conhecimento para o aluno. O principal responsável por realizar essa transposição é o professor, pois é ele que define a sequência em que os conteúdos serão apresentados, a forma como serão inseridos e as atividades que serão desenvolvidas, o que não coincide, necessariamente, com o que está previsto nos programas ou livros didáticos.

Nessa esfera, há predominância de uma preocupação didática, que tem um olhar sobre o trabalho do professor em sua prática diária, desde a escolha do material, a preparação dos seus planos de aula até a metodologia adotada para ministrar a sua aula. Em todas essas etapas, há um cuidado em facilitar as conexões e o entendimento do aluno frente às informações que se deseja passar. Mas, nesse processo, o professor não está sozinho, pois também fazem parte desse grupo os proprietários de estabelecimentos de ensino, os supervisores e orientadores educacionais e a comunidade dos pais, que, juntos, influenciam no modo como serão transpostos os conteúdos para a sala de aula. Embora o professor seja o principal responsável, desde o instante em que monta suas aulas, tem que fazer a mediação entre os interesses dos membros dessa esfera e os fins didáticos de sua prática. A respeito disso, Pinho-Alves coloca que:

É ainda neste momento, que as pressões externas levam o Professor, a processar uma nova Transposição Didática, produzindo um novo saber. Neste novo saber, é mais evidente a interferência das concepções pessoais do Professor, dos interesses e opiniões da administração escolar, dos alunos e da comunidade em geral. A interação entre os personagens desta esfera é extremamente próxima e intensa, propiciando, de maneira mais clara, a repercussão das opiniões dos grupos, nas definições e nas modificações refletidas no saber ensinado. Em outras palavras, desenvolveu-se um terceiro nicho epistemológico cujas diretrizes de sua dinâmica, se comparadas com as epistemologias associadas ao saber sábio e ao saber a ensinar, são muito mais instáveis e mutáveis (2000, p. 231).

Isso revela que nessa esfera do saber cria-se uma nova identidade, uma nova concepção de conhecimento, característico ao contexto escolar, que, em um primeiro momento, em nada se parece com o saber sábio, pois os objetivos de cada um são diferentes. No entanto, como Chevallard sinaliza, “o saber-tal-como-é-ensinado, o saber ensinado, é necessariamente distinto do saber-inicialmente-designado-como-o-que-deve-ser-ensinado, o saber a ensinar” (1991, p. 16, tradução nossa), revelando que a transposição didática através de sua análise, mostra que, para que o ensino de um determinado elemento de saber seja possível, ele precisa sofrer certas “deformações”, que o tornarão apto a ser ensinado.

2.2 As práticas sociais de referência

As chamadas práticas sociais de referência, assim denominadas por Martinand (1986 apud PINHO-ALVES, 2000), procuram introduzir no ensino de sala de aula aspectos que chamam a atenção sobre a necessidade de relacionar os conteúdos com a cultura e com o cotidiano dos estudantes, buscando atenuar o formalismo e dogmatismo imposto pelo processo de transposição didática.

São as práticas sociais de referência que dão significado extracientífico ao saber ensinado e, assim, permitem que ele seja mais bem compreendido pelo aluno. Essa é uma forma de legitimar o conteúdo que está na sala de aula (conteúdos de referências). Segundo Astolfi e Develay (2006), ao abordar um conteúdo, deve-se partir de situações sociais diversas, como as relacionadas à engenharia, ao lar, a questões culturais ou outras, como referência para discutir os saberes referência. Ao se utilizar exemplos, exercícios ou problemas que tenham relação com cotidiano, para a introdução de conhecimentos científicos, torna-se o conhecimento mais atrativo e significativo, desta forma, haverá uma maior possibilidade de aprendizado pelo aluno.

As práticas sociais de referência servem também de guia de análise, como destaca Martinand:

Funcionam essencialmente como guia de análise de conteúdo, de críticas e de proposição. A ideia de referência indica que não podemos e nem devemos nos ligar a uma conformidade estreita de competências para adquirir as funções, os papéis e as capacidades da prática real. Antes de tudo deve dar meios de localizar as concordâncias e as diferenças entre duas situações, onde uma (a prática industrial, por exemplo) é objeto ensinado, e possui uma coerência que deve ser transposta para a escola (1986 apud PINHO-ALVES, 2000, p. 222).

Nesse sentido, as práticas sociais de referência contribuem para a escolha dos saberes que poderão estar presentes em sala de aula e dão sentido a estes, pois incluem o contexto social em que os alunos estão inseridos, tornando esse saber significativo. Pinho-Alves (2000) exemplifica afirmando que utilizar as marés para explicar as influências gravitacionais para alunos que moram em cidades longe do mar é incoerente, pois o grau de importância e significados não será o mesmo do que para alunos que moram em regiões litorâneas. Desse modo, deve-se estar atento às referências, pois essas refletem valores diferenciados dentro de um contexto, facilitando a construção de um saber significativo.

2.3 O ensino de FMC à luz da transposição didática

Partindo-se do exposto, inicia-se uma reflexão sobre o ensino de FMC, mais especificamente sobre os tópicos de Mecânica Quântica à luz da transposição didática. Como foi visto, um saber sábio, até se tornar um saber ensinado, passa por um longo processo e sofre grandes modificações em virtude dos objetivos de cada esfera do saber, dos grupos que os compõem, das necessidades da sociedade, do contexto escolar e das próprias especificidades da transposição didática. A seguir, serão feitas as relações do ensino de FMC com o processo de transposição didática.

A FMC tem suas origens no final do século XIX e início do século XX, época em que a ciência era vista com grande otimismo por parte da humanidade em razão do enorme sucesso alcançado e os desenvolvimentos tecnológicos provenientes da teoria já desenvolvida. No entanto, algumas questões ainda não resolvidas provocaram o início de um novo direcionamento da ciência, o surgimento de novas concepções sobre o tempo e o movimento e o desenvolvimento de novas áreas.

As pesquisas desenvolvidas nessas novas áreas se tornaram a base de desenvolvimento das tecnologias que fazem parte do cotidiano, como transistores, lasers, usinas nucleares, dispositivos eletrônicos, entre outros. A sociedade de hoje tem como pilar a tecnologia, que não só modificou os meios de produção, de comunicação e locomoção, como também os costumes e os valores. E muitas dessas pesquisas ainda continuam em aberto, visto que há muito para ser desvendado.

Dessa forma, levar a FMC para o ensino médio é uma forma de mostrar aos jovens estudantes uma visão mais atual da Física e das teorias que embasam as tecnologias presentes no seu dia a dia. Além disso, pode-se fazer com que eles interajam com a ciência, compreendendo um pouco do que está sendo feito hoje nos laboratórios mais sofisticados do

mundo. A sua introdução pode também mostrar que a ciência é dinâmica e passível de mudança, contribuindo, assim, para uma aproximação maior do aluno com a ciência e para a desmitificação de que as teorias são verdades absolutas.

Dentre as características apresentadas pela transposição didática, está o fato de que o ensino da Mecânica Quântica traz uma atualização do saber que já se encontra em sala de aula, através de uma nova visão da natureza. Por exemplo, os modelos atômicos trabalhados nas aulas de Química e Eletromagnetismo mostram que o átomo é constituído por partículas, até então, elementares (próton, nêutron e elétron). A introdução do modelo padrão mostra uma nova concepção do modelo atômico, em que os Quarks (que constituem os prótons e os nêutrons) e os elétrons são as partículas elementares, trazendo uma visão contemporânea e rompendo com a ideia de sistema planetário, usualmente utilizado.

A FMC traz também o que é consensual entre a comunidade científica. Pode-se citar a questão referente à natureza da luz. A discussão em torno do comportamento ondulatório e corpuscular da luz perpassou vários momentos da história, tendo-se chegado a um consenso no trabalho de Louis de Broglie de que, afinal, a luz apresentava um comportamento dual, ou seja, onda-partícula. Ao se abordar, por exemplo, o efeito fotoelétrico, esse consenso se faz necessário para a sua compreensão.

Ela traz, também, uma atualidade biológica justificada, por exemplo, no modelo que descreve a interação entre as partículas, mostrando que é apresentado por uma troca de partículas mediadoras, denominadas bósons. “A Física de Partículas Elementares pode servir para uma releitura da Física Clássica, como por exemplo, as interações que, do ponto de vista da FMC, são entendidas através da troca de uma partícula mediadora” (OSTERMANN; MOREIRA, 2000b, p. 394). No entanto, é importante salientar que a visão clássica de campo continua tendo validade para a análise de objetos macroscópicos, assim como a cinemática newtoniana ainda é válida para velocidades baixas.

Com referência à atualização moral, pode-se justificá-la ao trabalhar, por exemplo, as radiações cósmicas ou as outras radiações como alfa e beta, levando a um entendimento maior de aparelhos de raios-X, as tomografias e até o processo de geração de energia nas usinas nucleares, ou ao trabalhar materiais semicondutores relacionando com o desenvolvimento da microeletrônica, a evolução dos computadores, da telefonia móvel, da nanotecnologia, entre outros. Dessa forma, justifica-se a presença da Mecânica Quântica no currículo por ser um saber que está longe do alcance do senso comum e muito presente na sociedade moderna.

No que se refere a um saber atual, pode-se mencionar que o Quark Top foi descoberto em 1995 e que, atualmente, são feitas muitas pesquisas que tentam encontrar respostas

intrigantes, como, por exemplo, a que revele a razão pela qual existe mais matéria do que antimatéria. Em junho de 2012, os cientistas detectaram o que supostamente seria o bóson de Higgs e, em 2013, comprovaram a sua existência. O bóson de Higgs é a partícula pela qual supostamente tudo no universo obtém sua massa, inclusive os seres humanos. Descobri-lo e entendê-lo poderia responder a uma das grandes questões: como surgiu o universo?

Quanto à operacionalidade, a Mecânica Quântica pode apresentar um grande potencial para a criação de atividades como exercícios, problemas, atividades práticas, objetos de aprendizagem, entre várias outras metodologias que possam vir a instigar o aluno. Por apresentarem uma área pouco explorada na sala de aula, essas atividades podem fugir dos modelos tradicionais, marcados pelo uso, quase que exclusivo, do quadro e do giz, bem como podem trazer recursos tecnológicos, como vídeos, simulações virtuais, softwares dentre vários outros recursos.

No que se refere à criatividade didática, o ensino desses tópicos precisa assumir uma identidade didática, sem perder a essência do saber sábio. Nesse sentido, entende-se que o objetivo maior desse trabalho se refere justamente à criação dessa identidade, pois, ao se buscar metodologias diferenciadas para a abordagem dos tópicos, foge-se dos moldes tradicionais dos conteúdos apresentados pelos livros, o que pode justificar, em parte, o fato de a FMC não estar presente no ensino médio. A utilização de um filme de ficção científica, por exemplo, é um recurso didático rico, pois faz parte do cotidiano do aluno, é de fácil acesso, se utiliza de recursos visuais interessantes e de uma linguagem simples. Explorá-los na sala de aula trazendo conceitos de FMC pode instigar e estimular o aprendizado do aluno.

Salienta-se que a criatividade didática está ligada à terapêutica, pois todos os objetos didáticos criados precisam ser testados e avaliados no contexto escolar. O relato do sucesso ou insucesso da aplicação desses objetos torna-se um importante indício do que pode ser mantido ou descartado do ensino de FMC.

O entendimento de como as esferas do saber se constituem e como a noosfera faz o gerenciamento e as ligações destas é fundamental para delinear as estratégias que devem ser desenvolvidas para a inserção de FMC no ensino médio. Nota-se que o foco deste trabalho estará nas esferas do saber a ensinar e do saber ensinado, mas principalmente no último, pois é onde efetivamente serão obtidos os sucessos e insucessos de sua introdução. Ressalta-se a importância dessa reflexão, pois, como foi visto, existe todo um contexto e especificidades que interferem nesse processo.

O principal agente da transformação é o professor, mas ele não poderá fazer isso sozinho, apenas com suas concepções inserir no contexto escolar os tópicos de FMC, o que

justifica a importância do respaldo de documentos oficiais, do levantamento dos conteúdos trazidos nos livros didáticos, do que as pesquisas desenvolvidas sinalizam e das expectativas trazidas pela sociedade e pela própria comunidade escolar. Considerando-se todos esses elementos, a proposta deste trabalho é fornecer ao professor ferramentas que possam nortear o seu trabalho na inserção de FMC, de acordo com a sua realidade.

2.4 Teoria sociointeracionista de Vygotsky

Para chegar à sala de aula, a FMC e, em especial, a Mecânica Quântica sofrem, conforme discutido, um processo de contínua adaptação, até que se torne objeto a ser ensinado. Nesse processo, o professor recorre às suas concepções sobre a forma de melhor organizar esse saber, para que ele, finalmente, passe a ser apropriado pelos alunos. Diversas são as possibilidades teóricas de se proceder a essa organização, estando a sua escolha relacionada tanto às propostas educacionais vigentes em documentos oficiais ou escolares, quanto às convicções dos docentes. Assim, o presente texto elege a perspectiva sociointeracionista para nortear a discussão acerca da construção dos conhecimentos no processo de aprendizagem. O objetivo é resgatar conceitos na perspectiva teórica adotada e visualizá-la como suporte para o planejamento das aulas.

Inicialmente, é preciso registrar que se entende a escola não como espaço exclusivo para a apropriação de conhecimentos, mas como um lugar destinado à formação de cidadãos. A conjectura desse ambiente, portanto, precisa considerar que os sujeitos ali presentes buscam mais do que informações; buscam compreensão de mundo e do mundo em que se encontram. Nessa perspectiva, a interação entre os sujeitos nela presentes tornam-se a essência e a possibilidade de conhecimento em seu mais amplo significado. Conhecer a si, ao outro e com o outro mostra-se fundamental para aqueles que procuram na escola uma possibilidade de evolução de seu pensamento.

A interação, enquanto possibilidade de desenvolvimento cognitivo, é a base da teoria de Lev Semenovitch Vygotsky, cuja obra se dedica a evidenciar que essa interação ocorre por meio de relações estabelecidas com o contexto social, histórico e cultural no qual o sujeito está imerso. Nascido na Bielo-Rússia, em 1896, Vygotsky demonstrou grande interesse pela compreensão dos processos mentais humanos. Embora tenha morrido jovem, aos 38 anos, deixou uma grande herança teórica para a Educação e a Psicologia. O seu trabalho compreende o desenvolvimento de uma teoria sobre funções psicológicas superiores, a qual

defende que a linguagem e o pensamento estão fortemente conectados, tendo como pano de fundo o marxismo.

Para Vygotsky, o ser humano é criado histórica e socialmente, e suas relações com a natureza e com os outros homens no nível da consciência são espontâneas apenas quando ele não tem consciência sobre aquilo que está fazendo. No entanto, à medida que toma consciência da consciência que possui, mais e mais ele abstrai sobre seus atos e sobre o meio. Com isso, seus atos deixam de ser espontâneos, para se tornarem sociais e históricos, envolvendo a sua psique.

O pensamento psíquico do ser humano, aqui centrado nos seus processos mentais superiores (pensamento, linguagem, comportamento associado à conduta), tem origem em processos sociais, cujo desenvolvimento é mediado por uso de instrumentos e signos. Esses, por sua vez, são construídos social, histórica e culturalmente no meio em que o sujeito está inserido. Em outras palavras, os processos mentais superiores estão baseados na imersão social do homem, que é um ser histórico, ontológico e filogenético. Desse modo, o homem é herdeiro de toda a evolução filogenética, ou seja, da espécie, e também da cultura, e seu desenvolvimento ocorre de acordo com as características do meio social em que vive.

Com base nesse entendimento, Vygotsky introduz uma série de conceitos em sua teoria que são fundamentais para a compreensão de como o homem constrói seus conhecimentos. Um deles é o conceito de mediação, cujo entendimento parte da tese de que o acesso ao conhecimento, aos objetos não é direto, mas mediado por recortes processados pelos sistemas simbólicos que o sujeito possui.

Em termos do conceito de mediação, Oliveira sintetiza a compreensão do autor, destacando que:

O conceito de mediação inclui dois aspectos complementares. Por um lado, refere-se ao processo de representação mental: a própria ideia de que o homem é capaz de operar mentalmente sobre o mundo supõe, necessariamente, a existência de algum tipo de conteúdo mental de natureza simbólica, isto é, que representa os objetos, situações e eventos do mundo real no universo psicológico do indivíduo. Essa capacidade de lidar com representações que substituem o real é que possibilita que o ser humano faça relações mentais na ausência dos referenciais concretos, imagine coisas jamais vivenciadas, faça planos para um tempo futuro, enfim, transcenda o espaço e o tempo presentes, libertando-se dos limites dados pelo mundo fisicamente perceptível e pelas ações motoras abertas. A operação com sistemas simbólicos – e o conseqüente desenvolvimento da abstração e da generalização – permite a realização de formas de pensamento que não seriam possíveis sem esse processo de representação e define o salto para os chamados processos psicológicos superiores, tipicamente humanos. O desenvolvimento da linguagem – sistema simbólico básico de todos os grupos humanos – representa, pois, um salto qualitativo na evolução da espécie e do indivíduo (1992, p. 26).

Os sistemas simbólicos de representação da realidade, fornecidos culturalmente, serão internalizados pelos sujeitos, influenciando seus comportamentos, de modo que se pode afirmar que são as atividades externas, funções interpessoais, que se transformam em atividades internas, intrapsicológicas (VIGOTSKI, 1999a). Isso significa, na expressão de Oliveira, que “As funções psicológicas superiores, baseadas na operação com sistemas simbólicos, são [...] construídas de fora para dentro do indivíduo” (1992, p. 27).

Sintetizando o exposto, Moreira ressalta que:

[...] a conversão de relações sociais em funções mentais superiores não é direta, é mediada, e essa mediação inclui o uso de instrumentos e signos. Esse processo de interiorização implica uma mediação essencialmente humana e semiótica na qual a linguagem e, em particular, a palavra, é essencial (2009, p. 19).

Portanto, para Vygotsky, é com a interiorização de instrumentos e sistemas de signos produzidos culturalmente que se dá o desenvolvimento cognitivo. A linguagem é um importante sistema simbólico para isso, pois permite o intercâmbio social, ou seja, a comunicação entre indivíduos e a generalização do pensamento, pois simplifica e cria categorias conceituais para os objetos, cujo significado é compartilhado pelos usuários dessa linguagem. No entanto, o “pensamento verbal não é uma forma de comportamento natural e inata, mas é determinado por um processo histórico-cultural e tem propriedades e leis específicas que não podem ser encontradas nas formas naturais de pensamento e fala” (VIGOTSKI, 1999b, p. 44).

Isso quer dizer que os conceitos são construções culturais, internalizadas pelos indivíduos ao longo do seu processo de desenvolvimento. Para definir um conceito, é necessário estabelecer uma relação entre os elementos e suas características encontrados no mundo real, considerados relevantes por diversos grupos culturais. É o grupo cultural onde o indivíduo se desenvolve que vai lhe fornecer, pois, o universo de significados que ordena o real em conceitos, nomeados por palavras da língua desse grupo.

Baseado nessas concepções, Vygotsky focaliza o seu interesse no processo de formação de conceitos, que, para ele, é uma extensão do processo de internalização, caracterizando-se pelo confronto entre o conhecimento espontâneo e o científico. Por conceito espontâneo entendem-se aqueles que a criança aprende no seu dia a dia, no contato com os objetos e suas derivações no seu próprio ambiente de convivência. Já por científico entende-se o conceito assimilado de forma sistematizada, transmitido intencionalmente por metodologias específicas e decorrentes do processo de ensino-aprendizagem desenvolvido no ambiente escolar (VIGOTSKI, 1999b).

Embora possam parecer conflitantes, o conhecimento espontâneo e o científico apenas pertencem a níveis diferentes de desenvolvimento da criança, pois, enquanto criança, o indivíduo entra, de fato, em conflito com os conhecimentos cotidianos e os discutidos na escola, porém, à medida que se desenvolve, tais divergências deixam de existir, dando lugar a um relacionamento mais abrangente, no qual se torna importante a busca pela proximidade entre esses tipos de conhecimento (ROSA, 2001). Vygotsky acredita que esses dois conceitos se relacionam e se influenciam constantemente, fazendo parte de um único processo: o desenvolvimento da formação dos conceitos, que, por sua vez, é influenciada por diferentes condições, impulsionando o desenvolvimento mental do aluno. Disso resulta que os conceitos científicos e espontâneos, ao serem adquiridos em condições diferenciadas, produzirão, igualmente, desenvolvimentos diferenciados na mente da criança, o que evidencia a importância da aprendizagem escolar, cuja ênfase está em proporcionar aos alunos conhecimentos científicos.

De acordo com Vygotsky, esses conhecimentos (ou conceitos), diferentemente dos cotidianos, apresentam um sistema hierarquizado, do qual estes fazem parte e que, por seu turno, pressupõem uma relação consciente e consentida entre sujeito e objeto do conhecimento. A escola representa, segundo esse pensamento, um espaço privilegiado para a aquisição desse tipo de conceito, pois oferece uma estrutura organizacional que leva, ou deveria levar, em consideração as condições de aprendizagem do estudante. Assim, ao se avançar na apropriação dos conceitos científicos, os espontâneos também são favorecidos, permitindo que a relação se dê de forma cada vez mais integrada e associada. Para Vygotsky, “o desenvolvimento dos conceitos espontâneos da criança é ascendente enquanto o desenvolvimento dos seus conceitos científicos é descendente” (1999b, p. 135).

Em termos das condições em que os alunos se encontram para o desenvolvimento de determinados conteúdos escolares, é preciso considerar que a relação entre aprendizagem e desenvolvimento cognitivo em Vygotsky ocorre de forma distinta da que se verifica em Piaget. Para o primeiro, os processos de desenvolvimento não coincidem com os processos de aprendizagem, não havendo, assim, paralelismo entre eles. Tal relação é um processo extremamente complexo, dialético, não linear, que se dá aos saltos, mediante o surgimento de caos. Segundo Vygotsky, “aprendizagem e desenvolvimento estão inter-relacionados desde o primeiro dia de vida da criança” (1999a, p. 95).

Essa relação, mesmo que em sua complexidade, significa que o aprendizado começa muito antes de a criança frequentar a escola, servindo, desse modo, como um aprendizado prévio. Na escola, o aprendizado estará voltado para a assimilação de fundamentos do

conhecimento científico, produzindo “algo novo” do desenvolvimento da criança, além da pura sistematização. Esse “algo novo” está associado à zona de desenvolvimento proximal, outro conceito importante na teoria de Vygotsky.

No entender do autor, há dois níveis de desenvolvimento nos sujeitos. O primeiro, denominado de “nível de desenvolvimento real”, é o resultante de ciclos de desenvolvimento já completados (por exemplo, a idade mental de uma criança medida num teste). Esse nível é dado por aquilo que a criança consegue fazer por si mesma, isto é, pela solução independente de problemas, caracterizando o desenvolvimento mental retrospectivamente. O segundo nível, denominado de “nível de desenvolvimento proximal”, representa as funções que estão em processo de maturação, o estado dinâmico de desenvolvimento. É a distância entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial. O nível de desenvolvimento proximal é determinado pela solução de problemas sob a orientação de adultos em colaboração com companheiros mais capazes (quando o professor inicia a solução e a criança completa, por exemplo), caracterizando o desenvolvimento mental respectivamente (ROSA; ROSA, 2004).

Assim, no entender de Vygotsky, “aquilo que é zona de desenvolvimento proximal hoje será o nível de desenvolvimento real amanhã – ou seja, aquilo que uma criança pode fazer com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha amanhã” (1999a, p. 98). Em termos escolares, o autor enfatiza, nessa ideia, que a aprendizagem é o produto da ação dos adultos que fazem a mediação no processo de aprendizagem das crianças, sendo um aspecto necessário e fundamental no decorrer do desenvolvimento. Este é entendido, nessa perspectiva, como o resultado da convivência no meio social e da aprendizagem pelo processo de socialização, principalmente aquela sistematizada no meio escolar.

A zona de desenvolvimento proximal define as funções que ainda não amadureceram, mas que estão no processo de maturação. Trata-se de uma medida do potencial de aprendizagem, que representa a região na qual o desenvolvimento cognitivo ocorre, ou seja, é dinâmica e está mudando constantemente. Assim, para Vygotsky, as potencialidades do indivíduo devem ser levadas em conta durante o processo de ensino-aprendizagem, porque, no contato com uma pessoa mais experiente e com o quadro histórico-cultural, as potencialidades do aprendiz são transformadas em situações capazes de ativar nele esquemas processuais cognitivos ou comportamentais. Pode acontecer, também, de esse convívio produzir no indivíduo novas potencialidades, num processo dialético contínuo.

Como a aprendizagem impulsiona o desenvolvimento, a escola tem um papel essencial na construção do ser psicológico e racional, devendo dirigir o ensino não para etapas

intelectuais já alcançadas, mas sim para estágios de desenvolvimento ainda não incorporados pelos alunos, funcionando como um incentivador de novas conquistas psicológicas. Assim, a escola tem, ou deveria ter, como ponto de partida o nível de desenvolvimento real da criança e, como ponto de chegada, o alcance do seu potencial. Nessa zona, em que o aluno está na propensão de fazer, mas que sozinho ainda não consegue, o professor tem, portanto, o papel explícito de interferir, provocando avanços que não ocorreriam espontaneamente.

Dessa forma, pode-se concluir que, para Vygotsky, o aprendizado progride mais rapidamente do que o desenvolvimento, por isso a proposta de que a escola precisa atuar na zona de desenvolvimento proximal. É aí que o professor, agente mediador, utilizando-se da linguagem, do material cultural, entre outros, intervém e auxilia para a construção e reelaboração do conhecimento do aluno, para que haja seu desenvolvimento.

Em uma aproximação com o ensino de Física, objeto do presente estudo, pode-se mencionar que a perspectiva vygotskyana tem subsidiado estudos e propostas didáticas, revelando perspectivas e desafios, principalmente por se mostrar alinhada com a formação de um aluno crítico e participativo na sociedade, conforme apregoam os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1999). Acredita-se que a interação, a reflexão e o diálogo entre aluno e professor, durante a realização das atividades, podem promover e ampliar sentidos e significados dos conceitos abordados em aula, especialmente em Física. Nesse sentido, buscase, na perspectiva sociointeracionista de Vygotsky, referencial para o desenvolvimento de estratégias de ensino para abordar a Mecânica Quântica no ensino médio, o que se apresenta na continuidade.

3 O PRODUTO EDUCACIONAL E SUA APLICAÇÃO NA ESCOLA

O presente capítulo dedica-se a descrever o produto educacional e sua aplicação com uma turma da terceira série do ensino médio. Assim, apresenta-se, na continuidade, o contexto em que o produto foi aplicado, o seu público-alvo e o relato dos encontros.

3.1 Construção do produto educacional

Após pesquisa e análise de publicações referentes à FMC, buscou-se desenvolver um produto educacional que abarcasse as produções, as aplicações e os recursos utilizados para a sua inserção no ensino médio, especificamente em termos da Mecânica Quântica. O objetivo é construir um repositório com diferentes estratégias didáticas associadas ao conteúdo selecionado, permitindo ao professor proceder a escolhas para estruturar suas aulas. Partindo dessa ideia, desenhou-se um *site* em que são disponibilizados aos professores diversos recursos didáticos que podem ser utilizados nas aulas de Física no ensino médio.

Destaca-se que parte desse material é inédita, tendo sido elaborada exclusivamente para o *site*; outra, no entanto, reúne materiais retirados da internet com a devida citação da fonte. O intuito é agregar o maior número possível de materiais para que os professores possam estruturar suas atividades de acordo com as necessidades da turma e adequadas ao tempo disponível para abordar o assunto.

Acredita-se que, ao disponibilizar um conjunto de recursos estratégicos, será possível disseminar o produto de forma mais eficaz, permitindo ao professor, frente a sua realidade, elaborar e planejar as suas aulas. A construção do *site* deu-se em uma plataforma *on-line* denominada “Wix”, a qual permite a criação e edição de *sites* baseados em HTML5, *sites* Mobile e páginas customizadas para o Facebook. Gratuita e utilizada no mundo todo, oferece vários recursos, e sua utilização não exige grande experiência, permitindo ao usuário não especialista a construção do seu *site*.

O *site* desenvolvido para o presente estudo está disponível em <http://www.fisicamoderna.net/>. Em termos de *layout*, o *site* ficou desenhado na forma representada na Figura 1:

Figura 1 – Site.



Fonte: a autora, 2015.

Destacam-se, na parte superior da tela, as seis abas que dão acesso aos materiais, conforme a Figura 2:

Figura 2 – Abas superiores.



Fonte: a autora, 2015.

As abas estão assim especificadas:

Início – primeira página do *site*, na qual o seu objetivo é brevemente descrito, assim como os materiais que podem ser acessados.

Sequência didática – apresenta a sequência didática utilizada na aplicação do produto.

Referências – elenca os referenciais que embasaram a construção do produto educacional e o desenvolvimento do trabalho.

Dissertação – possibilita o acesso à dissertação desenvolvida.

Algo sobre – apresenta um breve perfil da autora do trabalho e fornece um contato para que professores e alunos que acessam o *site* possam encaminhar sugestões, dúvidas ou relatos de experiências realizadas.

Material didático – apresenta um texto sobre o conteúdo, exercícios de aplicação e leituras sugeridas. O material está disponibilizado no formato “PDF” para impressão e consulta livre.

As abas ao lado esquerdo, por sua vez, compreendem referenciais teóricos sobre a ferramenta didática a ser utilizada, além de sugestões para encaminhamento das atividades. Dentro de cada página, há subpáginas com diferentes propostas de trabalho, como demonstra a Figura 3.

Figura 3 – Páginas do lado esquerdo e subpáginas.



Fonte: a autora, 2015.

Atividades experimentais – mostra alguns experimentos sobre efeito fotoelétrico, constante de Planck, funcionamento de fotocélulas, entre outros, além de recursos de vídeo e descrição das atividades.

Simulações – apresenta simulações envolvendo modelos atômicos, efeito fotoelétrico, fissão nuclear, entre outros.

Filmes – inclui filmes que podem ser trabalhados na abordagem de conceitos de Mecânica Quântica, como *Star Trek* e *Anjos & Demônios*. Nessa aba, além de uma sinopse, o usuário encontra os conceitos que podem ser explorados no estudo e, ainda, dois trabalhos científicos abordando situações didáticas resultantes da utilização dos filmes em sala de aula (BIAZUS; ROSA; SPALDING, 2014; BIAZUS; ROSA; SPALDING, 2015).

Documentários – nesta página, estão sendo incluídos documentários como *Acidente nuclear em Chernobyl*, *Acidente com o Césio-137*, *Documentário do Ano Internacional da Química* e *Documentário Mari Curi*.

Músicas – disponibiliza sugestões de músicas que podem ser utilizadas para a abordagem de conceitos de Mecânica Quântica. Além da letra, o usuário tem acesso ao endereço do vídeo no YouTube.

História em quadrinhos – reúne tirinhas diferenciadas que podem ser copiadas ou salvas para se trabalhar com os conceitos de Mecânica Quântica. Os seus autores estão todos referenciados.

Vídeos – contempla diferentes vídeos, todos do YouTube, que podem servir de instrumento visual para a exploração de conceitos envolvendo Física Quântica. Em cada vídeo, há uma pequena descrição dos assuntos abordados, bem como a referência de sua autoria.

O *site* está sendo organizado de modo a proporcionar facilidade de interação a quem pretenda acessá-lo, possibilitando ao professor que desejar utilizá-lo em sua aula proceder às suas opções estratégicas. No caso de optar por uma atividade experimental relacionada ao tema, por exemplo, ele poderá acessar a página e escolher a atividade de seu interesse.

O *site* pode ser utilizado de diferentes formas, inclusive como material didático para que o aluno trabalhe em casa, no formato de aulas de apoio ou estudo dirigido. Contudo, o *site* não foi construído com o objetivo de ser material autodidata, ou para ser aplicado em aulas na modalidade ensino a distância, mas poderá contribuir para que o aluno tenha mais opções de aprendizagem quando estiver distante do professor.

Como visto, as ferramentas propostas podem ser empregadas de inúmeras formas, cabendo ao professor fazer as suas escolhas, de acordo com a sua realidade e a opção metodológica. Ainda, cumpre destacar que o ensino de FMC requer novas estratégias que transcendam o sistema tradicional de quadro, giz e livro didático; isto é, novas tecnologias de ensino e diferentes recursos estratégicos são fundamentais para a inserção desse tópico no ensino médio. Nesse sentido, as ferramentas e os materiais disponibilizados – vídeos, simulações, filmes e o próprio acesso ao *site* – primam por esses recursos, com o intuito de possibilitar uma aprendizagem eficaz dos conceitos envolvidos.

Salienta-se que muitas são as possibilidades para a continuidade do trabalho com vistas à ampliação do *site*, contudo, isso ocorrerá ao longo de sua utilização, o que é característico de *sites* que têm como premissa serem portais interativos, aos quais é possível acrescentar novos materiais e ferramentas em um processo de retroalimentação, além de corrigir distorções e qualificar os recursos disponibilizados. Dessa forma, destaca-se que, em um primeiro momento, o *site* representa o início do processo e espera-se que sirva como apoio didático a outros professores.

3.2 Aplicação em sala de aula

A proposta foi implementada em uma escola pública do município de Passo Fundo, RS, que oferece, no turno da manhã, do oitavo ano do ensino fundamental ao terceiro ano do ensino médio; no turno da tarde, ensino fundamental do primeiro ao sétimo ano; e à noite, além do ensino médio, a educação de jovens e adultos (EJA). A instituição, localizada em um bairro da cidade, atende, atualmente, cerca de 1.300 alunos de classe média baixa, sendo a maioria proveniente da comunidade próxima e de bairros vizinhos. Oferece uma estrutura física relativamente boa, com laboratório de informática, biblioteca, sala de vídeo, equipamentos de projeção, rede *wi-fi*, etc. Uma sala com cerca de 25 netbooks para utilização dos alunos foi recentemente inaugurada na escola, onde há, também, um laboratório de Física, o qual, no entanto, não apresenta boas condições de uso.

Definiu-se como público-alvo para aplicação do trabalho uma turma de terceiro ano do ensino médio, escolha que teve como referencial o planejamento escolar, no qual o tópico Mecânica Quântica estava previsto para essa série. A turma escolhida era do diurno e compunha-se de vinte alunos, com idades entre 16 e 17 anos. A maioria dos estudantes provinha das proximidades da escola, com exceção de dois, vindos de outras escolas para cursar o terceiro ano. Doze alunos frequentavam a escola no turno da manhã e à tarde trabalhavam ou realizavam estágios remunerados. Dez alunos realizavam curso pré-vestibular e pré-Enem, e três alunos frequentavam cursos técnicos, como de enfermagem e de informática. Todos os alunos pretendiam prestar vestibular, almejando ingressar em diferentes cursos e dar continuidade aos seus estudos.

A aplicação do produto se deu de 2 de março a 20 de maio de 2015, em vinte encontros, que ocorreram nas quartas e sextas-feiras, totalizando dois períodos semanais, com duração de 45 minutos cada, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 – Cronograma dos encontros.

Encontro	Data	Assuntos discutidos
1°	04/03/2015	Apresentação inicial – Pré-teste
2°	06/03/2015	O que estuda a Física Moderna
3°	11/03/2015	Paralelo entre a Física Clássica e a Física Moderna
4°	13/03/2015	Modelos atômicos
5°	18/03/2015	Modelo padrão das partículas elementares
6°	20/03/2015	Bóson de Higgs e colisor de Hádrons
7°	25/03/2015	Resolução de exercícios
8°	27/03/2015	Resolução de exercícios
9°	01/04/2015	Primeira avaliação
10°	08/04/2015	Natureza dual da luz e constante de Planck
11°	10/04/2015	Resolução de exercícios
12°	15/04/2015	Correção dos exercícios
13°	17/04/2015	Efeito fotoelétrico – Conceito e aplicações
14°	22/04/2015	Simulação virtual do efeito fotoelétrico
15°	24/04/2015	Frequência de corte e energia do fóton
16°	29/04/2015	Exemplos de aplicação matemática
17°	06/05/2015	Resolução de exercícios
18°	13/05/2015	Segunda avaliação
19°	15/05/2015	Experimento – Efeito fotoelétrico
20°	20/05/2015	Atividade de encerramento – Pós-teste.

Fonte: a autora, 2015.

Salienta-se que o desenvolvimento dos encontros seguiu o cronograma das atividades letivas, inclusive, os tópicos abordados fazem parte do plano de trabalho da professora, que, aliás, trata-se da própria pesquisadora. Destaca-se, nesse mesmo sentido, que houve, nos encontros, momentos inerentes ao cotidiano da sala de aula, como saída dos alunos para a merenda, interrupções para a transmissão de recados, presença de anunciantes, etc., detalhes que são mencionados por terem influenciado o andamento das atividades. Outro aspecto digno de nota diz respeito à comunicação de um grupo criado em uma rede social, estratégia que se revelou bastante valiosa, pois, além de possibilitar o contato permanente com os alunos, serviu como um meio de mantê-los motivados e de divulgar os materiais utilizados nos encontros.

A elaboração das aulas na forma de sequência didática teve como referencial teórico a perspectiva sociointeracionista de Vygotsky, escolha decorrente da oportunidade que oferece na valorização do contexto social no aprendizado e da interação como possibilidade de trocas e de construção do conhecimento. Sendo um espaço privilegiado para a sistematização do conhecimento, na sala de aula precisam ser consideradas as bagagens e vivências dos estudantes, as quais representam boas oportunidades para a discussão desses saberes. Além disso, a sala de aula, no entender de Vygotsky (1999a), constitui um espaço onde o aprendizado que está adequadamente organizado resultará em desenvolvimento mental, pondo em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, não aconteceriam.

A partir dessa perspectiva, os encontros foram estruturados de modo a envolverem,

inicialmente, uma introdução do assunto, na forma de contextualização. Na continuidade, apresentou-se a construção do problema e formulação/discussão de hipóteses; a seguir, abordou-se o conteúdo da aula; e, ao final, como uma sistematização dessa abordagem, discutiu-se a aplicação de tal conhecimento. Essa estrutura é uma síntese do apresentado por Rosa (2011), que considera, em sua proposta de estruturação de aulas experimentais, essa perspectiva construtivista como linha norteadora das atividades no contexto educacional.

Nesse sentido, as aulas, devidamente estruturadas, representam a oportunidade de que os alunos ampliem (ou reestruem) seus conhecimentos construídos de forma espontânea, proporcionando um desenvolvimento mental. Tendo como base tais pressupostos, este texto sistematiza pontos da teoria como possibilidade de trabalho do professor com seus alunos, constituindo tema do próximo capítulo a avaliação de como – e se – isso ocorreu.

3.2.1 Primeiro encontro: apresentação inicial – pré-teste

O primeiro encontro teve início com uma breve apresentação da proposta do trabalho e de como se daria a realização das atividades. Além disso, os alunos trouxeram, assinado pelos pais ou responsáveis, o termo de livre consentimento que lhes havia sido entregue anteriormente (Apêndice A). Nesse momento, ressaltou-se a importância da assiduidade, da participação e do comprometimento, tendo em vista que seriam feitas avaliações referentes aos conteúdos abordados, compondo a avaliação trimestral.

No momento seguinte, foi apresentada a problemática da aula, a qual foi constituída por um conjunto de imagens que os estudantes deveriam identificar, registrando comentários. Essa atividade foi realizada na forma de pré-teste, utilizando um questionário ou formulário (Apêndice B), cujo objetivo estava em verificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre os assuntos a serem abordados nas aulas. As imagens apresentadas nessa sondagem estavam associadas a conteúdos já vistos em séries/anos anteriores, ou mesmo ao conhecimento de Mecânica Quântica de forma contextualizada. Para cada imagem, o aluno deveria escrever o que conhecia a respeito, qual sua aplicabilidade na vida cotidiana, onde o fenômeno/objeto poderia ser encontrado, algo relacionado que ouviu, ou, mesmo, a ausência de conhecimento, conforme exemplo preenchido no próprio material.

Na realização dessa atividade, os alunos demonstraram interesse e curiosidade sobre o que seria a resposta correta para cada situação. Alguns solicitaram ajuda para formular a sua resposta, pois, segundo eles, sabiam do que se tratava, mas não conseguiam registrar. Outros, antes de escrever, queriam comentar o que pensavam a respeito, conferindo se a imagem

tratava mesmo do que haviam entendido. Como resultado desse primeiro momento, após recolher o material, foi aberta a oportunidade de debate e de troca de informações, dentro de uma perspectiva interacionista. Ou seja, os estudantes discutiram entre si e trocaram experiências de modo que cada um teve oportunidade de rever seu conhecimento e de ampliar esse conjunto de informações. Destaca-se que, nessa etapa, buscou-se inferir o menos possível, resguardando-se para o momento futuro.

3.2.2 Segundo encontro: o que estuda a FMC

No segundo encontro, a aula teve início com a recapitulação do questionário, já com um conhecimento ampliado em relação às respostas fornecidas pelos estudantes, resultado da interação entre eles e da busca por mais informações, ou da observação das situações cotidianas relacionadas ao tema, graças à curiosidade despertada mediante a aplicação do instrumento. Na forma de construção do problema, foram levantados alguns questionamentos, tais como: o que é um átomo? O que é a luz? Por que o arco íris é formado por sete cores? Qual a relação de Einstein com esses conceitos? Como as lâmpadas da rua acendem ao anoitecer? Como funciona o smartphone? E o controle remoto da televisão?

Nessa discussão, percebeu-se que a maioria dos alunos não demonstrava compreender o que era o átomo, ou entender o que o modelo apresentado significava. A respeito da luz, a maior parte a considerava algo necessário, tendo em vista que, para visualizar os objetos e o mundo, é preciso haver luz. Em relação ao arco íris, a maioria dizia ser possível observá-lo sempre após a chuva, porque a luz do Sol passa por uma gota de água e se dispersa nas sete cores. Sobre a relação de Einstein com os conceitos trazidos pelas imagens, ninguém conseguiu apresentar uma associação. Em relação ao acendimento das lâmpadas da rua, alguns imaginavam que deveria haver um sensor sendo controlado por uma central, ou captando a luz do Sol. Quanto ao funcionamento do telefone e do controle remoto, as respostas limitaram-se à possibilidade de estar conectado com o mundo, à facilidade de acesso às informações e à possibilidade de controlar as funções da TV a distância.

Após esse debate, foram discutidas algumas ideias iniciais sobre a Física Moderna e a sua relação com os conceitos presentes no questionário. Salientou-se a importância do desenvolvimento dessa área da Física e a sua participação no desenvolvimento tecnológico e na produção de objetos bastante comuns no dia a dia das pessoas. Para finalizar, novas imagens foram apresentadas com vistas à contextualização e à aplicação dos conhecimentos.

3.2.3 Terceiro encontro: paralelo entre a Física Clássica e a FMC

No terceiro encontro, como introdução, foram apresentados alguns dispositivos utilizados no cotidiano e que estão associados à Física Clássica. Partindo deles e das discussões da aula anterior, a problemática do encontro construiu-se em torno da relação entre a Física Clássica e a FMC. Foram mencionadas várias hipóteses sobre a distinção entre ambas e sobre as razões que levaram aos estudos que deram origem à Física Moderna.

Feitas essas discussões, passou-se a esquematizar no quadro as principais características e o objeto de estudo das duas áreas. Da mesma forma, foram elencados fatores que contribuíram para o surgimento da Física Moderna e, com ela, das tecnologias. Foram exploradas as questões referentes ao corpo negro e à natureza da luz, que levaram cientistas como Planck e Einstein a propor teorias que conduziram ao surgimento da Física Moderna. Enfatizou-se a importância dos conhecimentos acumulados pela humanidade, a participação de vários cientistas e a construção não linear das ciências. Como fechamento do encontro, foi exposto um conjunto de imagens de dispositivos cujo funcionamento baseia-se na Física Clássica e na Física Moderna, proporcionando aos estudantes que aplicassem seus conhecimentos advindos das discussões da aula.

3.2.4 Quarto encontro: modelos atômicos

Nesse encontro, os modelos atômicos foram o objeto de estudo. Dessa forma, como introdução do tema, foi apresentada a imagem do átomo tradicionalmente exposto nas aulas de Ciências no ensino fundamental, questionando-se os alunos, em seguida, sobre sua pertinência e sobre como foi possível ao homem construir esse modelo. Depois de um momento de interação e de discussão no grupo sobre as indagações iniciais, passou-se a fazer uso do PowerPoint, para abordar, de forma cronológica, os modelos atômicos, destacando as principais características e a evolução de cada um, desde as primeiras ideias dos gregos até o modelo proposto por Bohr, usado atualmente.

Enfatizou-se que o átomo é um modelo idealizado e que é possível que as conclusões feitas pelos cientistas estejam equivocadas e, inclusive, que o átomo seja muito diferente do modelo hoje utilizado. Salientou-se, também, que o modelo de Dalton não poderia ser maciço, assim como o de Thomson não poderia ser “um pudim de passas”. Além disso, esclareceu-se por que Rutherford não conseguiu dar estabilidade ao seu modelo. Mencionou-se, ainda, que

cada modelo acrescentou elementos que culminaram no modelo de Bohr, o qual conseguiu estabelecer estabilidade ao átomo, explicando-o de maneira coerente.

Após as explicações, e para finalizar o encontro, foi proposto aos alunos que, em grupos de trabalho, elaborassem um paralelo entre os modelos e descrevessem as suas características comuns, bem como as mudanças propostas pelos cientistas. Na sequência, o modelo foi distribuído entre os estudantes, tendo cada grupo levado para casa o material do outro, a fim de realizarem uma avaliação.

3.2.5 Quinto encontro: modelo padrão das partículas elementares

O quinto encontro teve início com uma retomada dos modelos atômicos, especialmente em termos das contribuições dos grupos aos trabalhos de seus colegas. Ainda como introdução da atividade, foi exibido o vídeo intitulado *Modelo padrão das partículas elementares*, que mostra o início do universo, quando ainda existiam apenas uma força universal e um tipo de partícula elementar. O documentário também mostra que, com o passar do tempo, a gravidade e a força nuclear se separaram, provocando uma inflação, e o universo se expandiu desde o tamanho do átomo até um tamanho indescritível, levando à separação da Força Fraca e do Eletromagnetismo, com a consequente formação das quatro forças fundamentais. Os quarks, então, formaram os prótons e os nêutrons, que, por sua vez, passaram a formar os núcleos atômicos. O vídeo, que tem duração de, aproximadamente, 15 minutos, também aborda os bósons mediadores e o modelo padrão.

Ao término do vídeo, foi apresentada aos alunos a problemática da aula: o átomo é realmente a menor porção da matéria? Será que existem partículas menores que ele? Posto isso, na forma de hipóteses, os estudantes foram instigados a discutir o assunto. Num primeiro momento, todos admitiram não ter compreendido os termos citados no vídeo, tendo-o considerado difícil. A seguir, foi perguntado o que mais chamou atenção no vídeo e quais foram os termos incompreensíveis. As respostas dos alunos foram anotadas no quadro, dentre as quais, destacam-se: a teoria do Big Bang e o surgimento do universo; as forças fundamentais do universo – força gravitacional, força forte, força fraca e eletromagnetismo; partículas elementares – quarks, léptons; bósons mediadores.

Depois desse levantamento, foi entregue um texto sobre o Modelo Padrão das Partículas, presente na apostila, para que os alunos, em pequenos grupos de trabalho, discutissem o assunto. Feito isso, cada grupo apresentou aos colegas a sua compreensão. Dadas a interatividade entre os grupos e a polêmica das discussões estabelecidas, a conclusão

da atividade foi postergada para a aula seguinte. Diante disso, foi solicitado que cada aluno providenciasse para o sexto encontro aplicações contextualizadas dos conceitos, ou mesmo leituras e vídeos que pudessem complementar as discussões.

3.2.6 Sexto encontro: bóson de Higgs e colisor de Hádrons

O sexto encontro foi marcado pela continuidade do trabalho. Inicialmente, retomou-se o assunto, oportunizando que os alunos apresentassem oralmente os materiais complementares que haviam encontrado sobre o assunto. Com base neles, foram retomadas algumas inferências feitas na aula anterior – as quais constituíam, ainda, uma hipótese sobre o assunto – e discutiu-se o tópico em estudo, realizando uma explanação oral sobre o modelo padrão das partículas elementares. Nessa fala, enfatizou-se que o modelo padrão, na verdade, trata-se de uma teoria, considerada uma das mais eficientes pela comunidade científica sobre a natureza da matéria, e que partícula elementar é tudo aquilo que forma outras estruturas, ou seja, ela não possui uma estrutura menor. Na sequência, esclareceu-se aos alunos que, atualmente, o átomo não é a menor porção da matéria como os gregos acreditavam.

Na continuidade, um novo questionamento foi introduzido para fomentar a discussão e ampliar as hipóteses mencionadas no início da aula. A questão posta foi: como os cientistas conseguiram descobrir a existência dessas partículas que constituem o átomo?

Em uma analogia, foi descrita a cena na qual um telefone seria jogado na parede e se desmontaria em pedaços. Esses pedaços poderiam ser partículas elementares, pois a sua união formaria o telefone novamente. Isso é o que se permite observar, mas, ao se reduzir a escala, seria possível detectar que esses pedaços são formados por outros pedaços, cada vez menores, ou seja, por partículas muito menores. Para demonstrar como os cientistas puderam detectar partículas tão pequenas, foi exibido um trecho do filme *Anjos & Demônios*, em que são mostrados o grande colisor de Hádrons, em Genebra, na Suíça, e a produção de uma partícula denominada “Partícula de Deus”. Para complementar, foi exibido outro vídeo, *O grande colisor de Hádrons – LHC*, que mostra como funcionava o colisor e como eram detectadas as partículas. Para finalizar, abordou-se a descoberta recente do bóson de Higgs e os impactos produzidos por essa descoberta na compreensão da formação do universo.

Esse encontro se mostrou bastante produtivo, pois, no decorrer das discussões, observou-se que os alunos estavam atentos às explicações e participativos nas discussões. É interessante salientar que alguns alunos já haviam assistido ao filme, do qual foi reproduzido um trecho específico, e inclusive alguns já tinham ouvido falar sobre o colisor de partículas.

3.2.7 Sétimo e oitavo encontros: resolução de exercícios

Esses encontros foram destinados à realização de exercícios sobre os conceitos abordados e a uma revisão para a avaliação. Para tanto, optou-se por utilizar a apostila e por reunir os estudantes em pequenos grupos, com o objetivo de promover uma troca de ideias a respeito dos exercícios propostos. Nesse sentido, a opção por essa metodologia decorreu do entendimento de que o processo de construção do conhecimento pode ser favorecido pelas discussões iniciadas por meio dos processos interpessoais, como os que ocorrem em grupos de trabalho. Além disso, seguindo novamente a teoria de Vygotsky, avaliou-se que o trabalho cooperativo, realizado em grupo favorece a aquisição de conhecimentos, especialmente considerando o conceito de zona de desenvolvimento proximal. De acordo com esse entendimento, quando os alunos estão na iminência de compreender algo, a ajuda do outro, no caso, de um colega, poderá ser essencial no alcance do seu objetivo. Conforme mencionado nos capítulos anteriores, quando o aluno está no nível de desenvolvimento potencial, ou seja, aquele em que não consegue buscar a solução aos problemas de forma independente, mas o faz com a orientação ou colaboração de companheiros mais capazes (VIGOTSKI, 1999a), pode-se avaliar a importância de promover situações de estudo em pequenos grupos.

Contudo, para que o trabalho em grupos seja favorecedor de aprendizagem, na perspectiva de Vygotsky, especialmente em termos de troca entre os mais e menos experientes, é necessário que o professor saiba organizar esses grupos. Desse modo, foi necessário identificar os níveis de desenvolvimento dos alunos, dispondo-os em grupos que os mesclassem. Nessa dinâmica, também foram respeitadas preferências pessoais dos alunos, pois a afetividade e os laços entre os colegas são, igualmente, mecanismos a se considerar em atividades dessa natureza.

Nesse sentido, pode-se avaliar a atividade como proveitosa e favorecedora de situações de aprendizagem, uma vez que se percebeu a interatividade e o diálogo entre os componentes dos grupos. Como fechamento da atividade, ao final do segundo dia de exercícios, procedeu-se à sua correção, recorrendo à discussão no grande grupo.

3.2.8 Nono encontro: primeira avaliação

Esse encontro foi destinado à realização da avaliação, que consistiu em nove questões dissertativas com consulta ao material e que compôs uma das notas referentes ao primeiro semestre. Essa avaliação, de acordo com a perspectiva de Vygotsky, necessita ser mais do que

uma averiguação do que o aluno já sabe, do que uma constatação dos conhecimentos memorizados/aprendidos, devendo representar um instrumento que permite determinar o que o aluno está na iminência de fazer, ou seja, aquilo que, com ajuda do professor (ou de outro ser mais capaz), terá condições de fazer. Evidentemente que isso não é uma tarefa fácil, uma vez que tal situação é peculiar a cada indivíduo e, portanto, deveria ser realizada uma avaliação individualizada. Entretanto, a possibilidade de consulta ao material didático visou favorecer o diálogo e a interlocução com os registros, podendo se constituir em um mecanismo de auxílio à aprendizagem, especialmente para os que estão na iminência de se apropriar de tais conhecimentos.

Por fim, pode-se mencionar que os alunos souberam utilizar seu material didático e buscaram interação com ele, permanentemente, ao longo da prova. As respostas às questões formuladas mostraram um avanço em relação ao que se apresenta escrito no material, empregando, muitas vezes, linguagem própria para responder às questões em detrimento de cópias diretas do texto.

3.2.9 Décimo encontro: natureza dual da luz e constante de Planck

Num primeiro momento, procedeu-se à discussão/correção da avaliação realizada na aula anterior. Na sequência, e como introdução ao tema, explanou-se aos alunos sobre situações presentes no cotidiano e que ilustram a presença da luz, com vistas a iniciar um debate em torno da sua natureza. Dessa forma, e como problemática inicial, foram apresentadas duas situações em que é possível avaliar o comportamento da luz de forma distinta: onda e partícula.

Utilizando-se *slides* como ferramenta, retomaram-se os conceitos de ondulatória e discutiu-se o espectro eletromagnético com ênfase na luz visível. A maioria dos conceitos trabalhados era de conhecimento dos alunos, o que facilitou o diálogo e a interação. No momento seguinte, enfatizou-se que a luz é uma partícula, pois o efeito fotoelétrico, próximo assunto a ser abordado, somente poderia ser explicado se os alunos soubessem que a luz tem essa natureza. Também, foram mencionadas as contribuições de Max Planck e Einstein para o efeito fotoelétrico e as discussões em torno da natureza da luz.

Essa parte do encontro foi marcada pelo diálogo, utilizando-se como recursos estratégicos os *slides* e a apostila. No encerramento da aula, e como forma de aplicação do conhecimento abordado, foram citadas situações cotidianas em que o efeito fotoelétrico se mostra presente.

3.2.10 Décimo primeiro e décimo segundo encontros: resolução e correção de exercícios

Na continuidade dos encontros, e visando estender-se aos próximos dois, foi apresentada aos alunos uma situação-problema cuja solução passa pela relação entre a frequência da onda eletromagnética incidente e a função trabalho característico de cada material para a ocorrência do efeito fotoelétrico.

Após discussões sobre as hipóteses aventadas pelos estudantes para solucionar esse problema, foi-lhes apresentada a expressão matemática para cálculo da frequência de corte e a energia de um elétron ejetado. Os exercícios propostos aos alunos nessa aula integram o material didático elaborado para o presente trabalho e disponibilizado no *site*. Da mesma forma que o sétimo e o oitavo, esses dois encontros foram estruturados de modo que os alunos, em pequenos grupos de trabalho, pudessem discutir e realizar os exercícios indicados. Ao final do décimo segundo encontro, foi oportunizado um momento para que eles próprios realizassem a correção dos exercícios no quadro, alguns com auxílio do professor e outros sozinhos. Percebeu-se que, nessa dinâmica, o processo de resolução no quadro representa uma oportunidade para discussões e construções de conhecimento interativo. A atividade foi descontraída, e os alunos não se mostraram contrariados ao irem ao quadro, mas sim disputavam essa oportunidade.

3.2.11 Décimo terceiro encontro: efeito fotoelétrico – conceito e aplicações

Esse encontro destinou-se a estabelecer uma relação direta entre o efeito fotoelétrico, visto até o momento de forma teórica, e a vida cotidiana dos estudantes. Para tanto, foi estruturado de modo a apresentar, inicialmente, um simulador e, na continuidade, uma atividade experimental envolvendo o objeto de estudo.

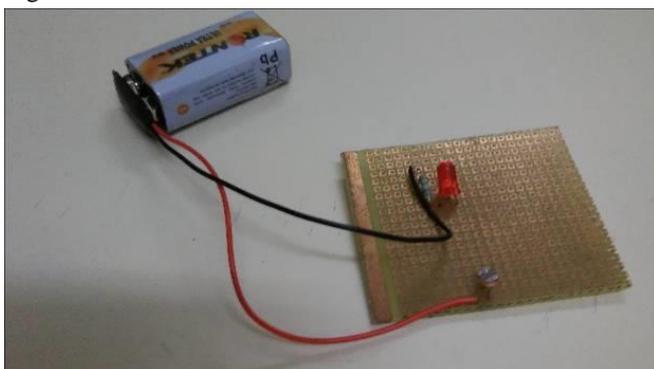
Assim, como elemento introdutório, foi utilizado o simulador Efeito Fotoelétrico, do *site* [Phethttps://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric](https://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric). Nesse simulador, utilizado coletivamente com recurso do projetor multimídia, foi possível visualizar o efeito fotoelétrico de maneira esquemática. Utilizando-se o modelo atômico de Bohr, procurou-se explicar, no primeiro *slide*, de modo simples, como ocorre o efeito. No *slide* seguinte, foi mostrado o experimento realizado por Lenard, onde se observou, de forma experimental, o efeito fotoelétrico. O *slide* subsequente foi dedicado a explicar como ocorre o efeito fotoelétrico, e, na continuidade, foram abordadas algumas aplicações do efeito fotoelétrico no dia a dia, como fotocélulas, sensores de presença, portas com entrada automática, entre outros. Em uma

dessas aplicações, enfatizou-se o acendimento e desligamento automático da iluminação pública. Os *slides* foram estruturados com base no material disponibilizado no *site*. De modo especial, foram exibidos os *slides* da apresentação “Efeito fotoelétrico”.

Após as discussões sobre o conteúdo mencionado, foi desenvolvida com os alunos uma atividade experimental, visando à aplicação dos conhecimentos construídos. Essa atividade encontra-se no *site*, na página destinada às atividades experimentais. A realização da atividade foi coletiva, demonstrativa, pois havia apenas um exemplar do material necessário. Contudo, os alunos foram arranjados em círculos e puderam participar intensamente da atividade, inclusive em sua operacionalização.

Na atividade, discutiu-se, inicialmente, o funcionamento de um *light dependent resistor* (LDR) – traduzido para o português, resistor dependente da luz –, dentro de um circuito eletrônico, e suas relações com o efeito fotoelétrico. O circuito demonstrado consiste nos seguintes materiais: um *light emitter diode* (LED) – traduzido para o português, diodo emissor de luz – vermelho, um resistor de 480 Ω , um LDR e uma bateria. Todos os elementos do circuito estão ligados em série. O LDR é construído com material semicondutor que tem a sua resistência elétrica diminuída quando na incidência da luz (normalmente em torno do espectro visível). A Figura 4 representa o circuito utilizado.

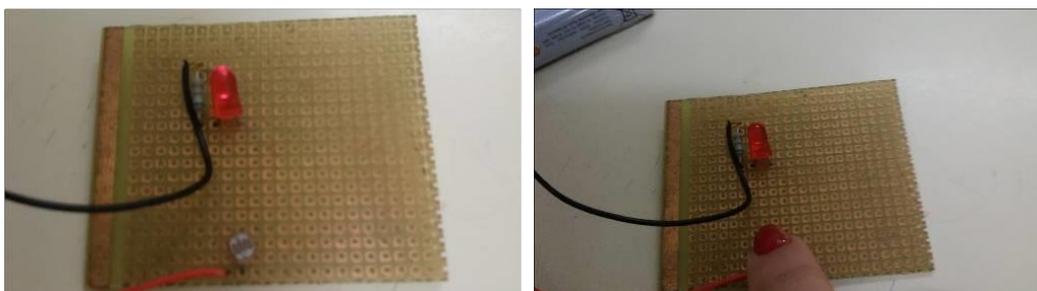
Figura 4 – Circuito utilizado.



Fonte: a autora, 2015.

Quando a luz (fótons) incide sobre o LDR, ocorre um aumento da mobilidade dos elétrons no material do resistor, diminuindo a resistência e aumentando a corrente elétrica. A corrente elétrica cresce a um valor suficiente para que a luz produzida pelo LED possa ser percebida pela visão humana. Quando a luz não incide mais sobre o LDR, o fluxo de elétrons diminui de forma significativa e o LED apaga. As Figuras 5 e 6 ilustram esses momentos.

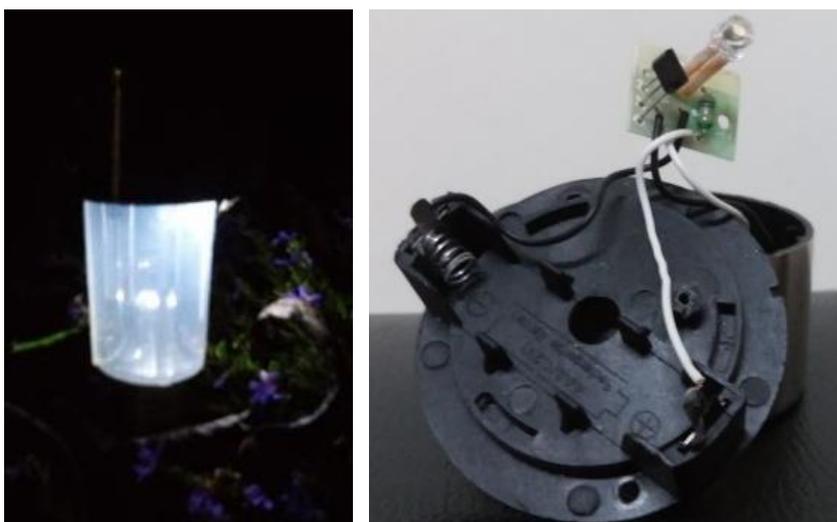
Figura 5 – Experiência realizada.



Fonte: a autora, 2015.

Como forma de contextualização dos conhecimentos discutidos, especialmente do circuito mostrado, foi apresentada aos alunos uma luminária de jardim, daquelas que emitem luz à noite. Na luminária, há uma placa solar que produz energia pelo efeito fotovoltaico, além de um LED branco, um transistor e uma bateria recarregável. Durante o dia, a placa solar captura a luz do sol, e a tensão elétrica produzida pela placa recarrega a bateria com energia elétrica. À noite, a tensão elétrica da placa é muito mais baixa do que a tensão da bateria, e esta passa a fornecer energia ao LED, provocando o seu acendimento. A Figura 6 representa a luminária de jardim utilizada no estudo.

Figura 6 – Luminária de jardim utilizada no estudo.



Fonte: a autora, 2015.

Durante a explanação e a realização da atividade experimental, salientou-se aos alunos que, embora os materiais e as formas de fabricação do LDR, da placa fotovoltaica e do LED sejam parecidos, e ainda que os efeitos produzidos estejam relacionados com fótons, trata-se de componentes eletrônicos distintos. O LDR pode ser feito com material semicondutor levemente dopado e somente é capaz de fazer variar a corrente elétrica, não podendo produzir energia. Como é um resistor, consome energia elétrica. Seu princípio de ação (variação da

resistência elétrica) depende dos fótons incidentes. A placa fotovoltaica também depende dos fótons incidentes sobre ela, mas ela gera energia elétrica. O LED, quando recebe um campo elétrico (produzido por uma tensão elétrica), emite fótons no espectro visível (e proximidades), mas não produz energia, somente a consome.

Com relação às atividades experimentais de demonstração e à sua importância no processo de construção dos conhecimentos, especialmente na perspectiva de Vygotsky, considera-se, conforme defendido por Gaspar e Monteiro (2005), que são relevantes e desempenham um papel que ultrapassa o caráter motivacional. Nas palavras dos autores, “Embora a motivação seja um aspecto importante pelo interesse que a demonstração experimental desperta nos alunos, [...] podemos afirmar que essa utilização proporciona uma melhoria no ensino e aprendizagem em sala de aula” (2005, p. 230).

Ainda na perspectiva de Gaspar e Monteiro, o entendimento da interação social como condição necessária à aprendizagem é relevante, mas não suficiente. Os autores seguem mencionando que, para Vygotsky, o que a criança é capaz de fazer hoje com colaboração conseguirá fazer amanhã sozinha. Dessa forma, julgam que a colaboração é a participação do professor, mas que o essencial e passível de ser observado durante essa atividade é a interação social, avaliando que, se isso se efetivar durante uma atividade experimental, mesmo demonstrativa, o objetivo almejado com esse tipo de trabalho terá sido alcançado.

Por fim, destaca-se que o encontro foi marcado pela participação dos alunos, com seus questionamentos e colocações acerca dos assuntos apresentados. O uso de painéis solares como forma de energia foi um tema bastante comentado pelos alunos durante o encontro, revelando um de seus focos de interesse.

3.2.12 Décimo quarto encontro: simulação virtual do efeito fotoelétrico

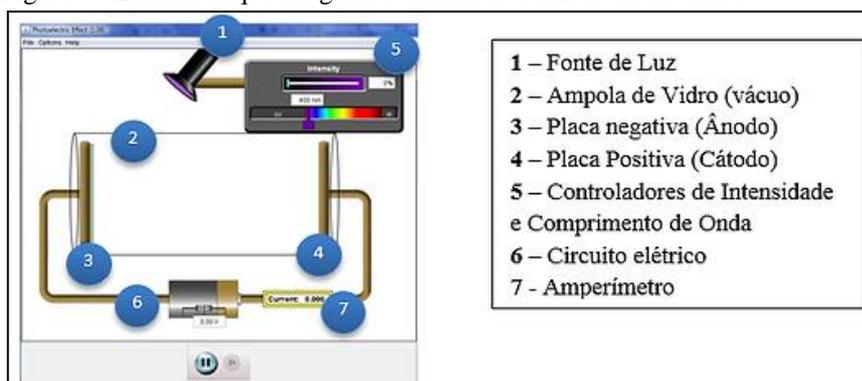
Nesse encontro, os alunos foram levados ao laboratório de informática, onde acessaram uma atividade disponibilizada no *site*, na página de simulações. A simulação virtual selecionada para o estudo foi a do efeito fotoelétrico, cabendo salientar que ela integra o material disponibilizado gratuitamente pelo PhET, de propriedade da Universidade do Colorado, nos Estados Unidos.

O simulador apresenta uma fonte de luz (1) que emite os fótons, conforme o comprimento de onda escolhido e a intensidade de luz emitida pela fonte (5) que está sobre a placa negativa (3). Se a luz emitir uma quantidade de energia suficiente para arrancar o elétron (frequência de corte), os elétrons arrancados serão atraídos pela placa positiva (4) e

uma corrente será gerada. Essa corrente pode ser vista através de um amperímetro. O simulador permite que se faça a escolha do material, da intensidade e do comprimento de onda. Desse modo, pode-se observar se o efeito ocorre ou não quando se altera o material, a intensidade ou o comprimento de onda.

A Figura 7 apresenta, esquematicamente, os elementos que integram o simulador utilizado na atividade.

Figura 7 - Elementos que integram o simulador utilizado na atividade.



Fonte: PHET, 2015.

Para essa atividade, foi estruturado um roteiro-guia contendo questões que deveriam ser respondidas pelos alunos. Estes, organizados em duplas, realizaram a simulação indicada no roteiro-guia e procederam aos registros em papel. Solicitou-se que, após o preenchimento do material disponibilizado, fizessem algumas anotações sobre os resultados obtidos, como, por exemplo, com quais cores do espectro da luz visível ocorreu o efeito fotoelétrico, o que mudou quando foram alteradas as intensidades da luz emitida e o número de elétrons arrancados em cada cor.

Apesar de alguns contratemplos, como o fato de o simulador não ter rodado em alguns computadores, a atividade foi proveitosa e interessante aos alunos, pois se mostraram motivados e participativos. O objetivo da proposta era criar a relação entre a frequência da luz emitida, o seu comprimento de onda, a sua intensidade e a ocorrência ou não do efeito fotoelétrico.

3.2.13 Décimo quinto encontro: frequência de corte e energia do fóton

Na parte inicial desse encontro, foi realizado um fechamento do trabalho anterior. Para tanto, foi solicitado aos alunos que apresentassem suas tabelas e discutissem a atividade. A

Tabela 1 apresenta os valores que os alunos deveriam ter encontrado durante a realização da tarefa.

Tabela 1 - Relação cor – frequência e comprimento de onda.

Cor	Frequência (THz)	Comprimento de onda ($\lambda - nm$)	Intensidade	Ocorrência do efeito	Elétrons ejetados
Vermelho	405	775	100%	Não	Não
Verde	535	600	100% e 50%	Sim	Alguns elétrons
Violeta	790	380	100%	Sim	Vários elétrons

Fonte: a autora, 2015.

Com base nos dados obtidos e sintetizados na tabela anterior, surgiram por parte dos alunos algumas conclusões, assim expressas: o efeito fotoelétrico não ocorreu com a luz vermelha, pois, dentre a verde e a violeta, é a cor que apresenta a menor frequência e o maior comprimento de onda; a cor violeta, ao contrário da vermelha, provocou o efeito fotoelétrico e foi a que mais ejetou elétrons, apresentando essa cor a maior frequência em relação às cores vermelha e verde e o menor comprimento de onda; com a cor verde, ocorreu o efeito fotoelétrico, independentemente de a intensidade do feixe ser de 100% ou 50%, e o número de elétrons ejetados foi menor do que na cor violeta.

Com essas conclusões, foi introduzida a relação entre a frequência da onda eletromagnética incidente e a natureza do material para a ocorrência do efeito fotoelétrico. Enfatizou-se que a sua ocorrência depende de uma energia mínima, representada pela frequência de corte, para que elétrons sejam ejetados de um material. A frequência de corte é a razão entre a função trabalho (energia com que os elétrons estão ligados no material) e a constante de Planck. Foi apresentada a fórmula matemática que representa a frequência de corte. Também, foi apresentada a fórmula que permite determinar a energia de um fóton necessária para arrancar elétrons do material na forma de trabalho e transformá-la em energia cinética.

Como fechamento da atividade, foram retomadas as indagações apresentadas no momento anterior à sua realização, trabalhando-se, ainda, exemplos de aplicação. Verificou-se, novamente, envolvimento da turma; todavia, um grupo expressivo de alunos manifestou dificuldade na compressão da relação estabelecida entre a frequência da onda eletromagnética incidente e a natureza do material, especialmente em termos matemáticos. Essa observação serviu de subsídio para a preparação da próxima atividade.

3.2.14 Décimo sexto encontro: exemplos de aplicação matemática

Esse encontro foi interrompido por programações da escola. Contudo, antes de ocorrer essa interrupção, propôs-se aos alunos a retomada do assunto da aula anterior e a revisão dos aspectos sobre os quais apresentaram dificuldades. Salienta-se que muitas dessas dificuldades estavam na parte matemática, na operação com número, especialmente com potências de dez. Durante a realização dos exercícios, observou-se que alguns alunos conseguiram compreender e desenvolver os cálculos, enquanto outros demonstraram dificuldade na compreensão da questão, na sistematização dos dados e na relação das unidades com os dados obtidos.

3.2.15 Décimo sétimo e décimo oitavo encontros: resolução de exercícios e segunda avaliação

Esses encontros foram destinados à correção das questões propostas na última aula, à revisão do conteúdo e à realização da segunda avaliação. O procedimento adotado foi o mesmo descrito no sétimo, oitavo e nono encontros. Ressalta-se que a realização da avaliação foi exigência da escola, que apresenta uma estrutura de avaliações por trimestre, composta por no mínimo duas avaliações, além de uma avaliação formativa e da autoavaliação do aluno.

No décimo sétimo encontro, ocorreu a correção das atividades, e foi possível identificar os alunos que responderam às questões e conseguiram compreender e os alunos que não o fizeram. Muitos questionamentos surgiram, e as principais dúvidas eram em relação às transformações de unidades e aos cálculos envolvendo potência. Foi construído um pequeno resumo com as fórmulas e transformações de unidades para utilização no dia da avaliação, a qual foi tranquila, destacando-se que a maioria dos alunos a considerou fácil, respondendo a todas as questões.

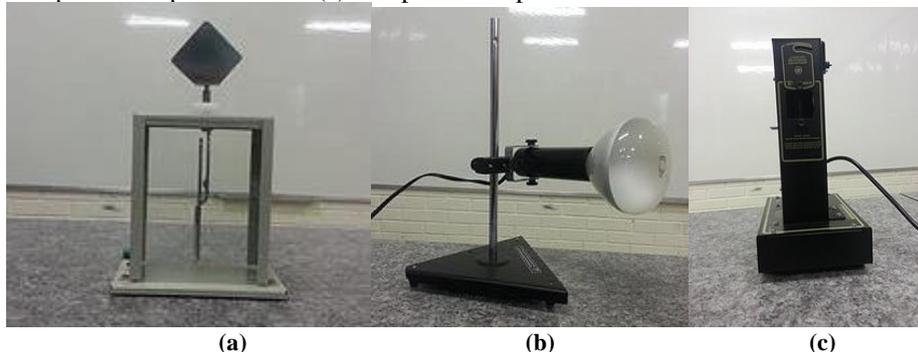
3.2.16 Décimo nono encontro: experimento – efeito fotoelétrico

Esse encontro foi marcado, inicialmente, pela discussão sobre a avaliação e, na sequência, pela realização de uma última atividade sobre o efeito fotoelétrico. Para isso, foi lançada a pergunta segundo a qual eles deveriam formular suas hipóteses de trabalho: a onda eletromagnética emitida pela lâmpada de mercúrio e pela lâmpada de ultravioleta é capaz de provocar o efeito fotoelétrico em uma placa de alumínio?

A partir disso, foi proposta uma atividade experimental, novamente na modalidade demonstrativa, utilizando um conjunto de equipamentos didáticos fornecidos, por

empréstimo, pelo Laboratório de Física da Universidade de Passo Fundo. Esse equipamento didático está ilustrado na Figura 8.

Figura 8 – (a) Aparato composto por uma placa de zinco ligada a uma haste fixa. Presa a haste fixa há uma haste móvel. Tanto a haste fixa como a móvel estão dentro de uma caixa de vidro para evitar influências externas. (b) Lâmpada de vapor de sódio. (c) Lâmpada de vapor de mercúrio.



Fonte: a autora, 2015.

Nesse experimento, a placa de zinco e as hastes são eletrizadas com carga negativa. Ao serem eletrizadas, a haste móvel se afasta da haste fixa, denotando que há uma força de repulsão, pois ambas estão carregadas com cargas de mesmo sinal. As fontes de luz, lâmpada de vapor de sódio e de vapor de mercúrio, são colocadas próximas à placa de zinco para emitir a onda eletromagnética. Na primeira etapa do experimento, é utilizada a lâmpada de vapor de sódio, onde não é observado o efeito. Na segunda etapa, é utilizada a lâmpada de vapor de mercúrio, onde é possível observar que, com o passar do tempo, a haste móvel começa se aproximar da haste fixa, ou seja, o efeito fotoelétrico está acontecendo.

Após essa atividade, solicitou-se que os alunos se reunissem em pequenos grupos, de no máximo quatro integrantes, e respondessem aos seguintes questionamentos: por que o efeito só ocorreu com a lâmpada de vapor de mercúrio? Quais são as frequências e os comprimentos de ondas emitidos pela lâmpada de vapor mercúrio e a lâmpada de vapor de sódio? Qual é a função trabalho do zinco? Utilizando relações matemáticas, determine a frequência de corte do alumínio e compare com as frequências que cada lâmpada emite.

Discutidos e respondidos os questionamentos, cada grupo apresentou a sua pesquisa e os cálculos realizados. Todos concluíram que, de fato, o efeito fotoelétrico aconteceu apenas com a lâmpada de mercúrio, pois a sua frequência é maior do que a frequência de corte do zinco, ou seja, a energia mínima para que elétrons sejam ejetados da placa.

A atividade foi bastante produtiva e motivadora para os alunos, tendo chamado atenção o seu empenho em buscar subsídios para a explicação dos resultados obtidos e o seu interesse no experimento demonstrado. A validade desse tipo de atividade experimental, em

que o professor realiza de forma demonstrativa, contando com a colaboração e interação dos alunos, já foi enfatizada neste trabalho.

3.2.17 Vigésimo encontro: atividade de encerramento – pós-teste

Como atividade selecionada para o último encontro, procedeu-se à aplicação do mesmo questionário apresentado no primeiro encontro, caracterizando-se o pós-teste, cujo objetivo consiste em analisar a ampliação dos conhecimentos pelos alunos após a execução da sequência didática relatada.

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 com o uso de dois instrumentos, os questionários e o diário de bordo. A análise desses dados é feita com base nos referenciais teóricos construídos para o estudo. Partindo desses resultados e de sua análise, o capítulo tece considerações sobre a pertinência da proposta desenvolvida, bem como sobre seus impactos no contexto escolar.

4.1 Metodologia

A pesquisa desenvolvida no estudo caracteriza-se como de natureza qualitativa, que, de acordo com Triviños (1994), busca analisar e compreender a realidade, permitindo, de um lado, apreender as atividades de investigação que podem ser denominadas como específicas e, de outro, identificar os traços comuns. Para tanto, recorre-se ao uso de dois instrumentos para a coleta de dados: pré e pós-teste e diário de bordo. O questionário pré e pós-teste é constituído por um conjunto de imagens, selecionadas de modo a apresentarem relação com os assuntos abordados nos encontros. Essas imagens foram selecionadas por representarem objetos e acontecimentos próximos ao cotidiano e, também, conteúdos já abordados. Para cada imagem, o aluno deveria descrever o seu entendimento, associando-a a algo do seu cotidiano, ou descrevendo algo a respeito dela (Apêndice B).

O diário de bordo refere-se a um caderno que contém anotações acerca de perguntas e intervenções dos alunos quanto aos assuntos abordados, discussões entre os grupos, sentimentos expressados pelos alunos e pela pesquisadora sobre o desenvolvimento dos encontros e reflexões sobre a metodologia e as ferramentas utilizadas em cada encontro. De acordo com Zabalza (2004), esse instrumento é entendido como espaço destinado a registros, anotações e reflexões individuais sobre um determinado processo de aprendizagem. Nele, é possível proceder a anotações relacionadas às experiências vivenciadas e observadas no contexto escolar, registrando todas as ações desenvolvidas e a movimentação dos estudantes durante a aula. Conforme Coppete, o diário de bordo, por sua natureza pessoal, representa um registro do pesquisador, envolvendo, inclusive, questões mais pessoais, como “conquistas, frustrações, impasses, dúvidas, inquietações, desabafos, avanços e recuos que se expressam em uma caminhada para o aprender, as quais, talvez, oral e presencialmente nunca fossem expressadas” (2014, p. 5). Além disso, o diário possibilita o registro do olhar do pesquisador

sobre a sala de aula e os alunos, bem como uma reflexão acerca de sua ação. E, ainda, 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.

Para a análise dos dados coletados, estabelecem-se categorias específicas, de acordo com os instrumentos empregados. Tais categorias são, no entender de Bardin (2004), um espaço para discutir e refletir sobre os dados coletados. Essas categorias podem estar definidas *a priori* ou ser construídas com base na leitura do material coletado. No caso da análise dos questionários, opta-se por criar as categorias de acordo com os itens que os integram, ou seja, já estão criadas *a priori*. Dessa forma, cada item corresponde a uma categoria e é avaliado em termos da relação pré e pós-teste. Neles, são analisados a frequência de resposta dos estudantes, a evolução e apropriação conceitual, a capacidade de estabelecer relação entre o conhecimento e outras situações, bem como indícios da retenção do conhecimento.

Com relação ao diário de bordo, as categorias são construídas de acordo com o que se deseja observar nas aulas, tendo sido definidas, portanto, no início do estudo. Nessa perspectiva, os registros do diário de bordo foram analisados de acordo com os seguintes aspectos: interação aluno-aluno, interação aluno-professor e interação aluno-material.

4.2 Análise dos dados coletados

Conforme mencionado, a análise dos dados, aqui apresentada, dá-se em duas etapas: na primeira, são analisadas as respostas dadas para cada uma das situações propostas nos questionários nos dois momentos em que eles foram aplicados, pré-teste e pós-teste; na segunda, analisa-se o conteúdo do diário de bordo. Com relação às respostas dadas pelos participantes nos questionários, sua transcrição no texto é destacada em itálico e acompanhada de uma identificação alfanumérica para cada estudante (E1, E2, E3, E4,...), escolhida ao acaso. No diário de bordo, as transcrições dizem respeito aos registros feitos pela professora ao final de cada encontro.

4.2.1 Questionário pré e pós-teste

a) Imagem 1: Átomo

A primeira imagem do questionário representa um átomo/modelo atômico, seguindo a representação utilizada nos livros didáticos. Essa imagem aborda um conceito que constitui conteúdo previamente abordado em aulas de Ciências e relevante para iniciar as discussões em Física Moderna em confronto com a Física Clássica. Nas respostas a essa questão no pré-teste, para a maioria dos estudantes (17:20), o conceito apresentado limita-se à descrição de que o átomo constitui a matéria, é um elemento químico, formado por prótons com carga positiva e elétrons com carga negativa. Destaca-se que três estudantes nessa etapa de pré-teste responderam não saber explicar a imagem.

Já no momento do pós-teste, a mesma imagem remete a relatos por parte de todos os estudantes sobre a constituição do átomo e a descrição dos modelos atômicos. Dezesesseis dos vinte alunos mencionam os quatro modelos discutidos em aula, e quatro limitam-se a citar apenas o de Bohr. Como exemplo, apresenta-se o escrito por E14: *[Pré] É o que forma a matéria e é muito estudado em Química. [Pós] O átomo é a menor partícula da matéria. Os modelos atômicos foram propostos por Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.*

Na etapa pós-teste, todos os alunos responderam a esse questionamento, inclusive os que na etapa pré haviam mencionado não saber do que se tratava a imagem, como relatado no questionário por E12, por exemplo: *[Pré] Não sei. [Pós] Partículas que têm em tudo e têm diferentes modelos: Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.* Ainda no pós-teste, é relevante registrar que dezoito alunos utilizaram a palavra “modelo”, indicando ter havido uma apropriação desse conceito por parte dos estudantes em termos do significado de modelo. Um exemplo disso está presente no registro de E11: *[Pós] Átomo é o que compõe a matéria. O modelo presente na imagem é o do Rutherford. No núcleo do átomo há prótons (+) e nêutrons e na eletrosfera há os elétrons (-).*

Comparando-se os conceitos iniciais e os posteriores, percebe-se a inclusão da ideia de modelos atômicos. É interessante observar que praticamente todos os estudantes fizeram menção aos modelos desenvolvidos, apresentando-os de forma cronológica. Outro ponto a ser comentado nessa categoria é que a teoria das partículas elementares é citada apenas por dois estudantes, inferindo que o conceito pode ter sido trabalhado de forma a não favorecer a apropriação desse conhecimento por parte dos alunos.

b) Imagem 2: Lâmpada

A segunda imagem retratava uma lâmpada acesa, com o intuito de abordar o conceito de luz e sua natureza. O entendimento das características da luz e da sua natureza é extremamente relevante para o estudo do efeito fotoelétrico. Em todas as respostas a essa questão, obteve-se no pré-teste a importância da luz produzida pela lâmpada para a iluminação, com destaque às ideias de que a luz é produzida pela eletricidade e de que a lâmpada é incandescente e produz luz branca. Ainda, em um dos relatos, feito por E4, é mencionado que esse tipo de lâmpada foi substituído pela fluorescente, pois seu consumo é maior, e E8 acrescenta que: *a luz branca é formada por todas as cores.*

No pós-teste, os relatos apresentados pelos estudantes trazem conceitos como frequência da luz, comprimento de onda e velocidade da luz. Dos vinte alunos, dezessete passam a descrever a imagem utilizando uma interpretação a respeito da luz, ressaltando a composição das sete cores que formam a luz branca, as diferentes frequências, comprimentos de onda de cada cor e o comportamento de partícula e de onda da luz. Apenas três estudantes fazem menção à lâmpada incandescente, referindo sua importância na iluminação. Esse resultado pode ser evidenciado no registro dos alunos nas etapas pré e pós-teste:

E11 – [Pré] A luz usada pela maioria das pessoas serve para aumentar a claridade de um certo local.

[Pós] Luz visível é uma onda e partícula, mas não simultaneamente. A luz branca é o agrupamento de 7 cores e cada cor possui uma frequência e comprimento de onda específico. E serve para iluminar os ambientes.

Ainda, no pós-teste, cinco estudantes evidenciam em seus registros o comportamento de onda e partícula da luz, e três deles apresentam a luz como sendo uma onda, conforme os relatos a seguir: E12 – *[Pós] A luz branca tem dois comportamentos: pode ser uma partícula ou uma onda com várias frequências.* E14 – *[Pós] A luz branca se propaga através de ondas.*

Comparando-se os conceitos iniciais e os posteriores, nota-se que houve uma mudança na forma como os estudantes analisaram a imagem proposta. Essa mudança denota indícios de uma construção conceitual importante a respeito da luz, ressaltada pela menção à frequência, ao comprimento de onda e à composição da luz branca.

c) Imagem 3: Formação do arco-íris

A terceira imagem apresenta o fenômeno óptico do arco-íris. A imagem evidencia que a luz branca, nesse caso proveniente do Sol, é um composto de um conjunto de cores. Trata-se de um fenômeno que todos os estudantes já tiveram a oportunidade de observar; inclusive, os

conceitos envolvidos nesse fenômeno foram abordados no ano anterior. A imagem também buscava fazer uma comparação entre a luz produzida pela lâmpada e a luz do Sol, no intuito de instigar o estudante a estabelecer relações entre as duas fontes.

Nas respostas dadas no pré-teste, os estudantes descrevem o fenômeno do arco-íris como sendo a passagem de um raio de Sol por uma gotícula de água. Essa passagem causaria o espalhamento da luz em cores, que, de acordo com suas respostas nessa etapa, seriam em número de sete. Os alunos ressaltam que o mesmo ocorre sempre depois que chove, e apenas um estudante diz não saber do que se trata e outro, não saber muita coisa a respeito.

No pós-teste, os relatos apresentados são praticamente os mesmos. Alguns alunos acrescentam os conceitos de comprimento de onda e frequência em seus registros, como pode ser observado nos registros de E5:

[Pré] A formação do arco-íris se dá porque a luz do sol se encontra com as gotículas de água.

[Pós] É o fenômeno que ocorre quando um raio de luz toca as gotículas de água que existem no ar e se divide em sete cores. Essas possuem um comprimento de onda e uma frequência que permitem que a gente as enxergue a olho nu.

É interessante enfatizar que, no pós-teste, os estudantes que anteriormente haviam respondido pouco ou nada saber sobre o assunto elaboram respostas sobre o fenômeno, conforme se verifica nos registros a seguir:

E11 – [Pré] Não sei muita coisa, só que é formada pela chuva e sol juntos.

[Pós] Projetado após o contato da luz do sol com a água da chuva, mostrando uma faixa em forma de arco com as 7 cores. Bonito de ser visto e no final do arco-íris há um pote de ouro.

E12 – [Pré] Não sei.

[Pós] É quando o sol passa por gotas de água e se espalha nas sete cores.

Comparando os conceitos iniciais e os posteriores, nota-se que as respostas se limitam a descrever o fenômeno, não havendo dificuldades conceituais para isso, haja vista que os alunos já apresentavam conhecimentos prévios a respeito. Nos relatos dados, não são encontrados indícios de comparação ou conceitos comuns entre a imagem anterior e esta, o que revela que os estudantes não conseguiram perceber o conceito de luz em outra situação.

d) Imagem 4: Albert Einstein

A imagem 4 traz a figura de Einstein, selecionada em razão de suas contribuições no desenvolvimento da Física Moderna, ao propor os seus trabalhos sobre relatividade e o entendimento do efeito fotoelétrico. Na análise das respostas a essa questão, obteve-se no pré-

teste para a maioria dos estudantes que Albert Einstein foi um físico bastante conhecido por seu trabalho sobre a relatividade. Nenhum aluno relata desconhecê-lo, e alguns o descrevem como um gênio bastante conhecido.

Na etapa pós-teste para a mesma imagem, os alunos apresentam em seus relatos a importante contribuição de Einstein para a Física Moderna e ressaltam novamente como sendo o seu principal trabalho a Teoria da Relatividade, como evidencia o registro de E8: *[Pós] Um físico e matemático importantíssimo, uma das peças fundamentais na Física Moderna, conhecido principalmente pela teoria da relatividade.*

Comparando os relatos iniciais e posteriores, nota-se que os estudantes passaram a perceber, ainda que de maneira insipiente, as contribuições de Einstein para o desenvolvimento da Física Moderna. Ressalta-se que seria necessário um tempo maior para discutir os feitos desse cientista, assim como de outros cuja participação foi importante no desenvolvimento desse campo da Física.

e) Imagem 5: Acendimento automático da iluminação pública

A imagem 5 retrata um poste com uma lâmpada acesa, como os de iluminação pública, abordando um conceito relevante da Física Moderna: o efeito fotoelétrico. O objetivo inicial estava em levar os estudantes a refletir sobre o processo de acendimento da luz ao anoitecer e de desligamento ao amanhecer, fato que certamente era conhecido pelos estudantes, haja vista que residem no entorno da escola, onde a iluminação pública utiliza esse recurso.

No pré-teste, a maioria dos alunos (16:20) menciona que no poste ou na lâmpada deve haver um sensor responsável por provocar o acendimento ao anoitecer e o desligamento ao amanhecer. Um dos estudantes relata que o acendimento e o desligamento devem ser realizados por uma pessoa por meio de um painel de controle, e três alunos mencionam que de dia a energia do Sol é armazenada para que à noite a lâmpada possa ser acesa.

Já na etapa pós-teste para a mesma imagem, todos os alunos atribuem o funcionamento da iluminação pública à presença de um sensor. A maioria dos estudantes (15:20), em seus relatos, ressaltam que o sensor se chama “LDR” e explica como ocorre o acendimento e o desligamento da lâmpada, conforme se verifica nos relatos a seguir:

E11 – [Pós] Ocorre porque durante o dia a lâmpada fica apagada em função de estar recebendo a luz do sol pelo LDR, fazendo a bobina ficar ativada, mantendo a chave em contato com o ponto 2. De noite a bobina desarma fazendo liberar a chave que bate no ponto 1, ligando a lâmpada.

E1 – [Pós] Acontece quando a luz solar chega no sensor, chamado LDR e aperta a mola que faz a lâmpada ficar desligada. Durante a noite a falta do sol solta a mola, fazendo fechar um circuito, e acende a lâmpada.

Além disso, no momento pós-teste, sete alunos fazem menção, em seus relatos, ao efeito fotoelétrico como sendo o efeito que provoca o acendimento e o desligamento da lâmpada. A presença desse conceito é evidenciada por E4 e E14, conforme segue:

E4 – [Pós] Durante o dia o LDR recebe a luz do sol e perde elétrons, armazenando energia, ao cair da noite ele se ativa, utilizando a energia armazenada para emitir luz. Isto ocorre por causa do efeito fotoelétrico.

E14 – [Pós] Se dá a partir do efeito fotoelétrico no qual a presença da luz do dia sobre o LDR arranca elétrons e mantém a lâmpada apagada e a falta da luz do sol (noite) faz com que ela seja acesa quando a bobina se solta.

Ainda, na análise dos dados obtidos no momento pós-teste, encontra-se, no relato de E8, menção ao conceito referente à natureza da luz, na descrição do funcionamento da iluminação pública: *[Pós] Durante o dia a luz, chega no LDR de forma ondulatória e ele absorve a luz do sol como partícula e quando para de receber essas partículas a lâmpada automaticamente acende (noite).*

Comparando os relatos iniciais e os posteriores, nota-se que os alunos tinham conhecimento sobre a presença de sensores, mas não demonstraram em seus relatos iniciais o seu funcionamento. Posteriormente, praticamente todos conseguiram descrever o funcionamento do sensor, apontado, num primeiro momento, no funcionamento da iluminação pública. Ressalta-se que a descrição mencionada pelos estudantes foi decorrente da abordagem feita em sala de aula, na qual não foi possível discutir com profundidade o tema, limitando-se a uma discussão baseada apenas no princípio físico e na forma como ocorrem o acendimento e o desligamento automático da lâmpada. A discussão foi acompanhada por uma atividade experimental na qual se utilizou um circuito simples para mostrar o funcionamento de um LDR. Os resultados encontrados na análise do pós-teste demonstram indícios de que os estudantes obtiveram um entendimento sobre o funcionamento do sensor.

f) Imagem 6: Sensor de presença/célula fotoelétrica

A sexta imagem traz um sensor de presença que emite um alarme quando uma pessoa passa por ele ao entrar no ambiente. A imagem remete novamente ao uso de um sensor, mas dentro de outro contexto, revelando uma nova aplicação. Na análise dos dados do pré-teste, todos os estudantes relatam se tratar de um “sensor de presença” encontrado em estabelecimentos comerciais cujo objetivo é alertar que há uma pessoa no ambiente. Todas as respostas limitam-se à função do sensor em detectar um movimento ou até mesmo o calor emitido por uma pessoa.

Na análise dos dados obtidos no pós-teste, onze estudantes passam a descrever o funcionamento do sensor, relacionando-o com o efeito fotoelétrico; quatro trazem em seus relatos outros tipos de sensores; e cinco limitam-se a descrevê-lo como um sensor que detecta movimentos e dispara um sinal sonoro de alarme. Esses dados podem ser verificados nas respostas dos estudantes:

E17 – [Pós] O sensor fica no ponto que pega a luz, quando alguma coisa passa por ele é interrompida a luz, então os elétrons que eram arrancados param de chegar na bobina e o circuito é fechado, fazendo o alarme tocar.

E4 – [Pós] É um sensor que utiliza o efeito fotoelétrico para segurança. Quando uma pessoa passa na frente do sensor a luz é cortada e o efeito para de acontecer e o alarme toca.

E2 – [Pós] Sensor de presença usado em alarmes que detectam o movimento e , no caso de alarmes, disparando o alerta quando alguém passa. É usado para acender luzes automaticamente, utilizando o infravermelho.

Comparando os relatos iniciais e os posteriores, nota-se que a maioria dos estudantes ampliou o seu conhecimento a respeito do sensor, passando a descrever o seu funcionamento e a relacioná-lo com o efeito fotoelétrico. Embora não tenham revelado indícios de uma possível comparação com o sensor analisado anteriormente, os alunos apresentaram conceitos bastante semelhantes aos do sensor analisado na iluminação pública. Esse dado indica que, além de uma ampliação do conhecimento inicial e do estabelecimento de uma relação com o conceito sobre o efeito fotoelétrico trabalhado em aula, a maioria dos alunos foi capaz de identificar e relacionar esses conhecimentos em outros contextos.

g) Imagem 7: Smartphone

A imagem 7 trata-se de um smartphone, um dispositivo bastante presente no dia a dia dos estudantes e repleto de aplicações tecnológicas advindas dos conhecimentos produzidos pela Física Moderna. Nas respostas do pré-teste, todos os alunos ressaltam as funcionalidades do aparelho, como a possibilidade de se comunicar rapidamente com as pessoas, o acesso à

internet e às redes sociais, os diferentes aplicativos, além de sua grande importância para as pessoas. Alguns alunos (4:20), em seus relatos, citam que no aparelho há sensores, destacando, ainda, a tela *touch screen* e o uso de bateria para o seu funcionamento.

A análise dos dados no pós-teste mostra que a maioria dos estudantes manteve em seus relatos a mesma análise sobre a imagem feita no pré-teste. Novamente, ressaltam a importância desse dispositivo tecnológico para as pessoas e as suas funcionalidades. Como exemplo, transcreve-se, a seguir, o relato de E2:

[Pré] É um aparelho celular moderno, que muitos querem pela sua aparência e rapidez nos aplicativos.

[Pós] Aparelho tecnológico que atualmente é muito usado pelas pessoas, que possibilita comunicação rápida mesmo distante. Muito evoluído e a cada dia tem novidades.

Ainda no pós-teste, destaca-se que sete estudantes incluem em seus relatos que o smartphone é um receptor de ondas eletromagnéticas enviadas por uma antena, conforme se observa na resposta de E10: *[Pós] O celular é um receptor de uma onda eletromagnética emitida por uma antena.*

Comparando os relatos iniciais e os posteriores, percebe-se que os alunos não conseguiram fazer associações dos conceitos trabalhados com a imagem proposta. Salienta-se que a imagem produz um sentimento de necessidade e importância para o aluno, pois todos consideram a tecnologia indispensável. Isso fica evidenciado ao analisar a resposta de E11: *[Pré] Essencial para termos uma vida ligados com os amigos. [Pós] Aparelho muito usado atualmente e que proporciona grande conforto.* Esse resultado pode ter ocorrido porque não houve tempo suficiente para desenvolver um trabalho mais aprofundado em relação ao smartphone, denotando, ainda, que existe a necessidade de mostrar aos estudantes as relações entre o conhecimento e o que eles vivenciam no dia a dia. Nesse caso específico, os alunos não conseguiram identificar com autonomia essa relação.

h) Imagem 8: Painel solar

A imagem 8 retrata um painel solar. Essa imagem aborda o conceito de efeito fotoelétrico e a produção de energia elétrica por meio de uma fonte alternativa. Na análise dos dados do pré-teste, dezoito estudantes apresentam em seus relatos que o painel solar captura a luz do Sol durante o dia e a transforma em energia elétrica. Alguns estudantes ressaltam que esse tipo de energia é sustentável e econômica. Apenas dois alunos dizem não saber do que a imagem se trata.

No momento pós-teste, os relatos apresentados pela maioria direcionam-se para a conversão da luz solar em luz elétrica, ressaltando a importância dessa fonte alternativa de energia em termos de sustentabilidade e economia. E8, em seu relato, vê uma relação do painel solar com a iluminação pública, conforme segue: *[Pós] Absorve as partículas da luz do sol e ao parar de receber as distribui, igual ao que acontece na iluminação pública.* Como exemplo de registro dos estudantes que dizem não saber do que se trata, destaca-se:

E6 – [Pré] Não sei o que é. Não sei para que serve.

[Pós] Aparelho usado para absorver a energia (luz do sol) para transformar em energia elétrica. Uma forma sustentável para o ambiente, só que cara.

E12 – [Pré] Não lembro.

[Pós] Pega a luz solar e transforma em energia elétrica.

Comparando os relatos iniciais e os posteriores, observa-se que os estudantes não conseguiram fazer associações entre o conceito do efeito fotoelétrico e a imagem proposta. O conceito apresentado em seus relatos iniciais não sofreu modificações ou acréscimos significativos, o que revela ser necessário mostrar as relações do conceito com a aplicação para que o aluno possa construir as suas relações.

i) Imagem 9: Controle remoto

A imagem 9, última do conjunto, traz um controle remoto, envolvendo, portanto, vários conceitos, como a utilização da luz infravermelha para enviar informações, circuitos integrados, transmissor e receptor, LEDs, entre outros. Na análise dos dados no pré-teste, a maioria dos estudantes (17:20) relata a possibilidade de controlar alterações nas funções de aparelho de TV, som, entre outros, a distância. Cinco estudantes apresentam em seus escritos que existe um sensor no controle e no receptor que permite o controle dessas funções. É o que menciona, por exemplo, E7: *[Pré] Usado para ligar e desligar a televisão com um sensor de luz que se encontra com o sensor da TV.*

Ainda na análise pré-teste, E4 relaciona o funcionamento do controle remoto com as ondas eletromagnéticas, conforme se pode observar em seu relato: *Funciona a partir de ondas eletromagnéticas transmitidas pelo controle remoto e recebidas pelo aparelho, que é um receptor.*

Na análise dos dados no pós-teste, os relatos de dezessete estudantes apresentam o funcionamento do controle remoto através da luz infravermelha. Segundo eles, o controle envia essa luz, que não é visível, e o receptor, ao receber o sinal, realiza o comando solicitado. Cita-se, como exemplo, o relato de E4: *[Pós] O controle remoto libera luz que não é visível, o*

infravermelho, que é recebido por outro aparelho. Por isso, se houver algo atrapalhando que não deixa a luz chegar até o aparelho, não funcionará. E8, em seu registro, além de explicar o funcionamento do controle remoto pela luz infravermelha, elucida por que a distância da qual o controle pode ser usado é limitada: [Pós] *Utiliza o infravermelho e tem comprimento de onda limitado, por isso tem uma distância certa até que ele não mais altere as funções da televisão.*

Comparando os relatos iniciais e os posteriores, nota-se que os estudantes acrescentam a seus relatos iniciais mais detalhes na explicação da imagem. A expressão “luz infravermelho” e a palavra “infravermelho” aparecem em todos os relatos que explicam o funcionamento do controle remoto. É interessante ressaltar que, nos relatos iniciais, apenas E9 menciona a palavra “infravermelho”.

Ainda, comparando-se os relatos iniciais e os posteriores, percebe-se que no pré-teste apenas os estudantes E2, E7, E8 e E10 usam o termo “sensor” para explicar o funcionamento do controle remoto. Já no pós-teste, outros estudantes (E1, E5, E6, E7 e E15) também passam a utilizá-lo. Salienta-se que em aula, logo após os estudantes terem respondido ao questionário pré-teste, foi comentado apenas como funcionava o controle remoto, não tendo sido oferecidas explicações mais aprofundadas.

4.2.2 Diário de bordo

a) Interação aluno-professor

Na perspectiva sociointeracionista de Vygotsky (1999a), o professor é o agente mediador que, utilizando-se da linguagem, do material cultural, dentre outros recursos, intervém e auxilia na construção e reelaboração do conhecimento do aluno, para que seu desenvolvimento se torne possível. Desse modo, a interação, a reflexão e o diálogo entre aluno e professor, durante a realização das atividades, foram priorizados com o intuito de promover e ampliar os sentidos e significados dos conceitos abordados.

Para avaliar se essa interação de fato atuou no sentido de promover alterações nos conhecimentos dos alunos e se esse foi um agente estimulador para o aluno, buscaram-se indícios nos relatos do diário de bordo. Dessa forma, serão destacados, a seguir, alguns relatos realizados pela professora no diário de bordo juntamente com a análise.

Do relato do primeiro encontro, extraiu-se o seguinte trecho:

Como já conhecia os alunos e os alunos já se conheciam do ano anterior, dispensei as apresentações e fiz uma conversa inicial a respeito das férias, das expectativas pelo último ano e do que teríamos pela frente. Passei a explicar a minha proposta de trabalho, os objetivos e as etapas em que iríamos desenvolver as atividades. Notei certa expectativa e entusiasmo nos alunos, pois o assunto era algo novo, de que não sabiam do que se tratava. Dois estudantes se mostraram apreensivos, pois segundo eles a Física já é difícil, imagina Física Moderna. Um terceiro aluno perguntou se haveria cálculos difíceis para se resolver. Respondidas essas questões iniciais, tentei tranquilizá-los...

Esse trecho revela que já existia uma relação entre os alunos e a professora, um fator importante para facilitar o diálogo e a interação entre ambos. O entusiasmo dos alunos diante de uma proposta diferente também indica receptividade e curiosidade em relação ao novo. Ainda nesse trecho, é possível observar que alguns alunos têm uma experiência negativa no que se refere à Física, mostrando-se temerosos quanto a uma “nova Física”, que, em sua visão, por ser “moderna”, talvez possa ser mais difícil do que aquela com a qual já tiveram contato.

No segundo encontro, um diálogo entre dois alunos e a professora revelou o grande interesse e a postura questionadora e reflexiva desses estudantes, especialmente em relação às questões levantadas na aula. Esse trecho foi assim registrado no diário de bordo:

Dois alunos comentaram como é difícil entender que o tempo passa diferente para duas pessoas. Um deles exemplificou descrevendo que ao olhar no relógio é possível ver que o tempo se passou. Um minuto para um e para o outro é o mesmo! O outro aluno, ouvindo o comentário do primeiro, manifestou também ter dificuldades para entender isso, indagou como uma pessoa que ficou na Terra poder ficar mais velha que uma pessoa que viajou no tempo. Questionei os alunos se realmente um minuto no relógio para ele é o mesmo para outro colega. Um outro aluno interferiu e colocou que, dependendo da atividade que está fazendo, parece que o tempo passa mais rápido. Brinquei com eles dizendo que quando estão no “whatsapp” o tempo passa e eles nem percebem, mas na aula de Física o tempo não passa nunca!

É importante ressaltar que nesse encontro a professora trabalhou conceitos relacionados à viagem no tempo, ao teletransporte, ao surgimento do universo, entre outros assuntos comumente abordados em filmes de ficção científica. Esses assuntos geraram grande interesse por parte dos alunos, encaminhando o debate para a possibilidade de ocorrência de tais eventos, bem como para os grandes avanços que a ciência, em especial a Física, tem alcançado. Ainda nesse encontro, foi registrada, no diário de bordo, a excelente participação dos alunos na aula, situação distinta da vivenciada nas aulas de Física do ano anterior.

O quinto e sexto encontros foram marcados por alguns impasses na interação e na construção dos conceitos, especialmente pela diferença na abordagem do conteúdo, que estava apoiada em discussões teóricas, distinguindo-se da abordagem tradicionalmente empregada

no estudo da Física, especialmente da Física Clássica, em que a ênfase está nos cálculos. Na análise da professora, registrada no diário, tal situação foi assim interpretada:

Ao abordar conceitos que talvez não estejam tão próximos e ao alcance do aluno, sua participação é menor. Na aula de hoje eles ficaram um pouco mais quietos e se mostraram pouco atentos ao conteúdo. Percebi que, em relação ao encontro anterior, esse envolveu termos mais difíceis e isso pode ter inibido eles. Outro aspecto que pode estar frustrando eles é a falta de envolver cálculos matemáticos, pois alguns alunos insistem em perguntar em que momento eles vão aparecer. [...]. De certa forma, os encontros vêm sendo construídos de uma maneira diferente da habitual, explorando o conceito e menos as fórmulas e os exercícios algébricos. Essa ruptura tem se mostrado um desafio para alguns alunos.

No décimo encontro, houve vários questionamentos e colocações dos alunos a respeito do assunto abordado. A professora destacou, no diário, que a todo momento era necessário parar a explicação para dar conta das intervenções dos alunos. Alguns questionamentos estão registrados no trecho transcrito a seguir:

Um dos alunos perguntou sobre a propagação do som no vácuo, mencionando que, se alguém estivesse lá e falasse, ninguém poderia ouvi-lo. Outro aluno indagou sobre a formação do arco-íris e se esse se formaria a qualquer hora. Um terceiro aluno perguntou sobre a velocidade da luz no vácuo, sobre como poderia ser medido seu valor. Um outro aluno indagou sobre a possibilidade de ver as partículas da luz, se quando um raio passa por um lugar meio escuro, é possível ver elas? [sic]. [...]. Outro questionamento também feito nessa aula foi sobre o perigo para a saúde dos raios-x, especialmente sobre os usados pelos dentistas.

Diante do registro acima, é possível perceber que o nível de participação e de interesse dos alunos aumenta quando o tema se situa mais próximo deles, envolvendo situação que, de alguma forma, já ouviram falar. Outro registro a ser destacado refere-se à fala de um dos alunos, na qual ele se dirige à professora, ao final do turno, e menciona que o diálogo estabelecido durante a aula o está levando a gostar mais da Física.

Em termos gerais, a análise dos dados revela, conforme exemplificado nos trechos do diário de bordo anteriormente transcritos, que a discussão, os questionamentos e as contribuições dos alunos no desenvolvimento dos encontros foram características marcantes na relação estabelecida com a professora. Essa relação mostrou-se bastante significativa para a motivação e o interesse dos estudantes pelos assuntos abordados, assim como atuou como possibilidade de aprendizagem, uma vez que foi perceptível um avanço do conhecimento no decorrer dos encontros.

b) Interação aluno-aluno

Para Vygotsky (1999a), o convívio com uma pessoa mais experiente pode estimular as potencialidades do aprendiz, ativando nele esquemas processuais cognitivos ou comportamentais. Além disso, esse convívio pode produzir no indivíduo novas potencialidades, num processo dialético contínuo. Nesse sentido, a proposição de atividades que possibilitem essa troca de ideias e potenciais entre os alunos, no intuito da promoção da aprendizagem, será discutida e analisada com base nos relatos feitos no diário de bordo.

Em uma leitura geral do material, foi possível perceber que os estudantes interagem de forma plena durante as atividades realizadas em pequenos grupos de trabalho. Não apenas nelas, mas também nas atividades no grande grupo, os alunos conseguiam fazer inferência e participar do diálogo com seus colegas.

Nos grupos de trabalho, a organização e a escolha dos membros foram livres, o que proporcionou que os alunos se aproximassem por afinidade. Conforme os registros do diário de bordo, esses momentos mostram que a interação entre os alunos foi maior do que a interação que estes mantiveram com a professora, tendo as discussões sido marcadas por debates e troca de ideias, inclusive por divergências e pequenos conflitos. Tais percepções são evidenciadas nos trechos registrados no diário, como exemplificado a seguir:

Para a atividade de hoje, foram organizados cinco grupos cujo objetivo estava em elaborar um paralelo entre os modelos propostos para o átomo. Quatro grupos estavam bem organizados, discutindo e comparando as características de cada átomo. Contudo, um dos grupos se mostrou mais agitado e acabou desviando o tema do estudo para outro que não tinha relação direta com a aula. Foi necessário chamar a atenção várias vezes, até que em determinado momento eles iniciaram suas atividades.

Outros momentos de trabalho coletivo foram igualmente marcados por diálogo entre os alunos. Durante um dos encontros, por exemplo, um aluno perguntou ao outro por que o Sol não arranca elétrons do corpo humano, obtendo como resposta imediata que a questão está relacionada às camadas em que os elétrons estão e ao tipo de luz que bate no corpo, pois não é com qualquer luz, nem com qualquer corpo que isso pode acontecer.

O trecho do diário transcrito a seguir é outro exemplo da interação entre os alunos verificado durante as aulas:

Observo que na hora da realização dos exercícios sempre deixo a possibilidade de sentar em duplas ou trios, e todos eles procuram sentar com um colega para a realização da atividade, normalmente os mesmos grupos. Em algumas duplas, um dos colegas tem mais facilidade e ajuda o outro, é o caso de duas duplas que parecem se sentir mais à vontade quando apenas eles estão no grupo. Quando chego, logo param de falar.

Conclui-se a análise dessa categoria mencionando que a interação entre aluno-aluno ocorreu, foi significativa e representou um processo importante na construção dos conhecimentos. O convívio social, a troca de experiências e a ajuda entre os pares constituem, de fato, um elemento que deve ser considerado nas aulas de Física, em especial, de Física Moderna. É importante salientar, no entanto, que a turma apresentava características que permitiram a realização desse tipo de trabalho.

c) Interação aluno-material e professor-material

Apoiando-se na transposição didática, tem-se que um saber sábio, até se tornar um saber ensinado, passa por um longo processo e sofre grandes modificações em virtude dos objetivos de cada esfera do saber, dos grupos que as compõem, das necessidades da sociedade, do contexto escolar e das próprias especificidades da transposição didática. Diante disso, o ensino de Física Moderna precisa considerar todo esse processo para que possa, efetivamente, ser inserido no contexto escolar. Nesse sentido, o grande agente responsável nesse processo é o professor, que, juntamente com os recursos adequados, pode promover essa inserção.

Um dos objetivos deste trabalho é avaliar justamente se os recursos traduzidos em ferramentas e metodologias utilizados ao longo dos encontros puderam propiciar a inserção de conceitos de Física Moderna, de modo a torná-los interessantes e a estimular os alunos. Além disso, tem-se como propósito verificar se os materiais indicados e disponibilizados no *site* puderam ser acessados e utilizados de forma prática pelos alunos. Evidentemente que não se tem a pretensão de responder de forma plena a esses objetivos, mas de coletar indícios que permitam refletir sobre a viabilidade do *site* e do material disponibilizado.

O *site* dispõe de diferentes ferramentas, todas voltadas para o ensino de Física Moderna, tais como: atividades experimentais, simulações, vídeos, sugestões de filmes, documentários, letras de músicas, histórias em quadrinhos e outros. Além disso, oferece uma página onde são sugeridas e disponibilizadas as atividades desenvolvidas com o material do *site* para que possam servir de apoio ao professor no preparo de suas aulas. Os recursos reunidos no *site* foram acessados tanto pela professora quanto pelos alunos, no caso destes últimos, tanto em aula quanto fora do ambiente escolar. Ao entrar em contato com o *site*, os alunos não demonstraram ter dificuldades em acessar a atividade solicitada e tiveram uma boa interatividade com o portal. É interessante ressaltar, também, que dois alunos que faltaram no dia em que as atividades foram realizadas em aula, puderam realizá-las a distância, acessando o *site*. De acordo com o registrado no diário de bordo, conclui-se que o *site* atuou com um

mecanismo facilitador ao acesso a materiais. Contudo, houve registros de necessidade de alteração em alguns itens, mas, de modo geral, os alunos conseguiram navegar tranquilamente por todo o *site*.

O material escrito que foi disponibilizado aos alunos contemplou conceitos, aplicações, exercícios e tópicos especiais. De forma mais pontual, o material abordou os modelos atômicos, a dualidade onda-partícula, conceitos e descobertas que levaram ao efeito fotoelétrico, como funciona e suas aplicações.

O texto foi disponibilizado como um arquivo em “PDF” para os alunos, além de estar disponível no *site*. Também foram entregues algumas partes impressas para trabalhar em sala de aula, e alguns alunos baixaram o material no celular. A facilidade de acesso e a possibilidade de ter o material no celular foram registradas no diário como aspectos positivos e que permitiam aos alunos interagir de forma mais rápida e eficiente com o conteúdo. Alguns itens foram registrados no diário como carecendo de alterações ou reformulações, mas não foram mencionados como algo que chegou a interferir nas atividades, mas que poderá qualificá-las em futuras aplicações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, na especificidade da Mecânica Quântica, é um tema de grande relevância ao ensino de Física, e muitas pesquisas têm buscado apresentar caminhos para a sua efetivação. Dentre os objetivos dessa inserção está o de despertar o interesse do aluno para o desenvolvimento tecnológico presente em seu cotidiano, por meio de conhecimentos que são fruto das pesquisas atuais, oferecendo-lhe condições de criar novas possibilidades científicas e tecnológicas, para que haja uma futura inovação e, assim, uma melhor qualidade de vida para a sociedade como um todo.

No entanto, embora a sua importância seja evidenciada em diversas pesquisas e pela própria legislação, ainda há vários entraves que dificultam a sua inserção no contexto escolar, conforme destacado na introdução deste estudo. Dentre as dificuldades mencionadas, está a falta de materiais didáticos ao alcance dos professores e que contemplassem diferentes recursos didáticos. Partindo da problemática anunciada e do questionamento referente às implicações sobre a aproximação dos estudantes com a FMC, mais especificamente com a Mecânica Quântica, no que tange à utilização de materiais didáticos variados e relacionados ao seu cotidiano, estruturou-se o presente estudo.

Nele, a ênfase esteve em ofertar um conjunto de recursos didáticos aos professores, com base no qual se construiu um sequenciamento didático para ser utilizado com uma turma de terceiro ano do ensino médio de uma escola pública. Tal propósito foi concretizado e teve como foco de investigação a pertinência dessa proposta que utilizou recursos disponibilizados no *site*.

Outro referencial de grande valia para a estruturação da proposta foi a transposição didática, ao fornecer subsídios importantes para a seleção dos assuntos abordados, assim como para a ordem de sua aplicação. Além disso, contribuiu para a escolha de uma linguagem mais simples, acessível ao aluno e com exemplos voltados a situações cotidianas, tornando-se, assim, um facilitador no processo de ensino-aprendizagem.

Na aplicação da sequência didática, considerou-se igualmente importante o embasamento teórico fornecido por Vygotsky, cuja perspectiva sociointeracionista mostrou-se bastante válida, conforme evidenciam os resultados coletados no diário de bordo. A interação aluno-aluno, aluno-professor e aluno-material foi um processo significativo e fortemente presente nos encontros desenvolvidos. Esse envolvimento revelou uma maior participação dos alunos no processo de aprendizagem, além de motivação e de um interesse maior pela Física.

O uso de diferentes ferramentas e metodologias, também, trouxe contribuições relevantes no processo de ensino-aprendizagem. Nessa perspectiva, a variação de recursos traz a possibilidade de diversificar a abordagem dos assuntos, favorecendo a aprendizagem e estimulando o aluno a participar desse processo.

O *site*, por sua vez, mostrou-se como um mecanismo facilitador ao acesso a materiais, conforme evidenciado no diário de bordo. Salienta-se que, embora o seu uso tenha se restringido, num primeiro momento, à professora que aplicou a proposta e aos alunos participantes, os resultados foram bastante significativos e animadores para um próximo momento, em que outros professores poderão utilizá-lo na construção do seu trabalho, dentro da sua realidade, proporcionando, dessa forma, uma oportunidade para que também produzam as suas contribuições.

Em relação à postura dos alunos diante dos conceitos abordados antes e depois da aplicação da proposta, observou-se que, inicialmente, mostraram-se resistentes à abordagem dos assuntos. É interessante destacar que a linguagem, os conceitos e a matemática utilizada na Física Moderna foram apresentados de uma maneira diferente da abordagem tradicional da Física Clássica: conceito e exercícios. Embora tenha havido essa resistência inicial, logo os alunos se adaptaram à proposta, assumindo uma nova postura frente ao trabalho. Essa mudança é importante no processo e pode representar um obstáculo se não for bem conduzida pelo professor.

A evolução nos conhecimentos da maioria dos alunos foi evidenciada pela análise dos resultados do questionário pré e pós-teste aplicado na turma. É interessante destacar que essa evolução ocorreu, principalmente, nos assuntos em que os alunos mais interagiram, que estavam mais próximos da sua realidade e que foram estimulados pela professora. Contudo, admite-se que nem todos os conceitos foram construídos de forma adequada pelo aluno, por demandarem mais tempo e maior aprofundamento.

Por fim, destaca-se que, mesmo havendo um conjunto de ferramentas disponíveis, há a necessidade de o professor adequá-las às suas concepções pedagógicas, pois, como alertam Megid Neto e Pacheco (1998), não basta ao professor levar pesquisas ou propostas metodológicas diretamente para a sala de aula; é necessário que ele as circunstancie e transforme de acordo com sua realidade escolar, a realidade de seus estudantes e as suas convicções metodológicas, políticas e ideológicas.

Nessa perspectiva, encerra-se o presente trabalho nessa etapa; entretanto, novas possibilidades de estudo se abrem a partir do aqui desenvolvido e analisado, especialmente

em termos de ampliação e qualificação do *site* construído como produto educacional desta dissertação e de sua avaliação junto a professores que atuam no ensino médio.

REFERÊNCIAS

ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. *A didática das ciências*. São Paulo: Papirus, 2006.

BARDIN, Laurence. *A análise de conteúdo*. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. 3. ed. Lisboa: Edições 70, 2004.

BIAZUS, Marivane O.; ROSA, Cleci T. W.; SPALDING, Luiz Eduardo S. Utilização de filmes científicos na abordagem de conceitos de Física Moderna e Contemporânea no 9º ano. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2014, Ponta Grossa. *Anais...* Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2014.

_____; _____. Angels & Demons como organizador prévio para o estudo da Física Quântica no ensino médio. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 3, 2015, Santo Ângelo. *Anais...* Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai, Santo Ângelo, 2015.

BONJORNO, José Roberto et al. *Física: Eletromagnetismo – Física Moderna*. São Paulo: FTD, 2014. v. 3.

BRASIL. Ministério da Educação. *Lei nº 9.394, de 20/12/1996*. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm>. Acesso em: 16 jan. 2015.

_____. _____. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.

_____. _____. *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2002.

_____. _____. *Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2006.

CARVALHO NETO, Rodolfo A.; FREIRE JÚNIOR, Olival; SILVA, José L. P. B. Improving students' meaningful learning on the predictive nature of quantum mechanics. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 14, n. 1, 2009.

_____. *Aspecto preditivo da Mecânica Clássica e da Mecânica Quântica: uma proposta teórico-metodológica para alunos do ensino médio*. 2006. Dissertação – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006. Disponível em: <<http://migre.me/qOeX4>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

CHAVES, Francisco G. *Uma proposta de inserção de conteúdos de Mecânica Quântica no ensino médio, por meio de um curso de capacitação para professores em atividade*. 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

CHEVALLARD, Yves. *La Transposition Didactique: du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage Editions, 1991.

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.

CUPPARI, A. et al. Gradual introduction of some aspects of quantum mechanics in a high school curriculum. *Physics Education*, Bristol, v. 32, n. 5, p. 302-308, 1997.

FERREIRA, Rodrigo M. *Física Moderna: divulgação e acessibilidade no ensino médio através das histórias em quadrinhos*. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2013.

GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel Cristina de C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

_____. *Compreendendo a Física: Eletromagnetismo e Física Moderna*. 2. ed. São Paulo: Ática, 2014. v. 3.

GUIMARÃES Osvaldo; PIQUEIRA José Roberto; CARRON Wilson. *Física*. São Paulo: Ática, 2014. v. 3.

MACHADO, Daniel I; NARDI, Roberto. Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com suporte da hipermídia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, n. 4, p. 473-485, 2006.

MARTINI, Gloria et al. *Conexões com a Física*. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2013. v. 3.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. *Física: contexto & aplicações*. São Paulo: Scipione, 2014. v. 3.

MEGID NETO, Jorge; PACHECO, Décio. Pesquisas sobre o ensino de Física do 2º grau no Brasil. In: NARDI, Roberto (Org.). *Pesquisas em ensino de física*. São Paulo: Escrituras, 1998. p. 5-20.

MONTEIRO, Maria Amélia. O ensino da Física Moderna e Contemporânea na educação básica e uma provável atuação dos professores como intelectuais transformadores: por uma formação pautada na ação comunicativa habermasiana e na ação dialógica freireana. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL PAULO FREIRE, 2013. Disponível em: <<http://coloquio.paulofreire.org.br/participacao/index.php>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

MOREIRA, Marco Antonio. Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de Ciências: comportamentalismo, construtivismo e humanismo. Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios5.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

OLIVEIRA, Fábio Ferreira et al. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

OLIVEIRA, Marta Kohl de. *Vigotsky: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico*. São Paulo: Scipione, 1992.

OSTERMANN, Fernanda; RICCI, Trieste F. Relatividade restrita no ensino médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 2, p. 176-190, 2002.

_____; MOREIRA, Marco Antonio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000a.

_____; _____. Física contemporânea em la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona: v. 18, n. 3, p. 391-404, 2000.

_____; _____. Updating the physics curriculum in high schools: a teaching unit about superconductivity. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vigo, v. 3, n. 2, 2004.

PAULO, Iramaia Jorge C.; MOREIRA, Marco Antonio. Abordando conceitos fundamentais da mecânica quântica no nível médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 63-73, 2004.

PEREIRA, Alessandro P.; OSTERMANN, Fernanda. Sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 393-420, 2009.

PINHO-ALVES, José de. *Atividades experimentais: do método à prática construtivista*. 2000. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

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

_____. *A metacognição e as atividades experimentais no ensino de Física*. 2011. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

_____; ROSA, Álvaro Becker da. A teoria histórico-cultural e o ensino de Física. *Revista Iberoamericana de Educación*, 2004. Disponível em:
<http://www.mat.uc.pt/~guy/psiedu2/Vy_ensfisica.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2015.

SALES, Gilvandenys L. et al. Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 30, n. 3, 2008.

SILVA, André C.; ALMEIDA, Maria José P. M. Física quântica no ensino médio: o que dizem as pesquisas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, n. 3, p. 624, 2011.

SILVA, José Alves da; KAWARURA, Maria Regina D. A natureza da luz: uma atividade com textos de divulgação científica em sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 317-340, dez. 2001.

TERRAZZAN, Eduardo A. *Perspectivas para a inserção da Física Moderna na escola média*. 1994. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

TRIVIÑOS, Augusto N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

VIGOTSKI, Lev Semenovitch. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. Tradução de José Cipolla Netto et al. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999a.

_____. *Pensamento e linguagem*. Tradução de Jeferson Luiz Camargo. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999b.

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

APÊNDICES

APÊNDICE A

Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar da pesquisa referente à inserção do tópico de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, de responsabilidade das pesquisadoras Marivane de Oliveira Biazus e Cleci Teresinha Werner da Rosa. Esta pesquisa é desenvolvida em razão da necessidade de qualificação do processo ensino-aprendizagem em Física, especialmente da inclusão dos tópicos relacionados à Mecânica Quântica no ensino médio. A atividade consiste em responder a um questionário/formulário no início das atividades e outro no final.

Esclarecemos que a sua participação não é obrigatória e, portanto, poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento. Além disso, garantimos que receberá esclarecimentos sobre qualquer dúvida relacionada à pesquisa e poderá ter acesso aos seus dados em qualquer etapa do estudo. As informações serão registradas em papel com identificação e posteriormente serão destruídas. Os dados relacionados à sua identificação não serão divulgados, e os resultados da pesquisa são para fins acadêmicos, mas você terá a garantia do sigilo e da confidencialidade das informações.

Dessa forma, se você concorda em participar da pesquisa, em conformidade com as explicações e orientações registradas neste Termo, pedimos que registre abaixo a sua autorização ou de seu responsável, no caso de ser menor de idade. Informamos que este Termo, também assinado pelos pesquisadores responsáveis, é emitido em duas vias, das quais uma ficará com você e outra com eles.

Passo Fundo, ____ de março de 2015.

Nome do aluno participante: _____

Data de nascimento: ____/____/____.

Nome e RG do responsável: _____

Assinatura do responsável

Pesquisadoras: _____ e _____

APÊNDICE B

Questionário aplicado aos alunos na forma de pré e pós-teste



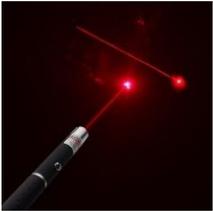
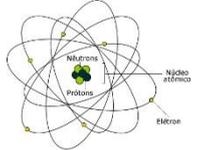
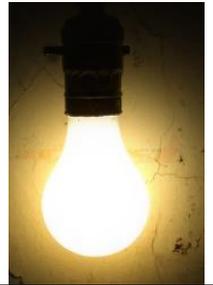
INSTITUTO ESTADUAL CARDEAL ARCOVERDE
Ensino Médio Politécnico
Física - 3º série

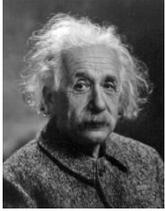
Professora: Marivane Biazus

Nome: _____ Data: ____/____/____. Turma: _____

CONHECIMENTOS PRÉVIOS RELACIONADOS A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

A Física Moderna e Contemporânea surgiu no início do século XX, trazendo uma revolução no pensamento científico, oportunizando e impulsionando o desenvolvimento da tecnologia que usufruímos atualmente. A importância do seu estudo desde a escolarização básica decorre de seu amplo campo de aplicação, especialmente em dispositivos de uso cotidiano, como é o caso do telefone celular, do controle remoto, dentre outros tantos equipamentos que nos cercam cotidianamente. A presença da tecnologia é tão intensa que não se consegue mais pensar como era a vida sem ela, sem o conforto que ela nos oferece. Você consegue imaginar como seria sua vida sem a internet? Sem o seu celular? Sem o conforto de um ar-condicionado? Por ser indispensável à nossa vida, é nosso dever buscar informações e compreender os processos físicos que estão presentes nesses e em outros dispositivos e que acabam por influenciar nossas ações diárias. Nesse sentido, e com objetivo de averiguar seus conhecimentos sobre o tema, apresentamos um conjunto de imagens que estão relacionadas à Física Moderna e Contemporânea e solicitamos que você escreva tudo que lhe vier à mente ao ver a imagem. Suas inferências devem estar relacionadas à imagem e ao que você sabe sobre ela, especialmente em termos de seus conhecimentos relacionados ao assunto. Para lhe orientar melhor, daremos um exemplo:

Situação	Seu entendimento
<p>Laser</p> 	<p>O laser é um tipo de luz, de cor vermelha, bastante concentrada. Possui diversas aplicações, como em cirurgias, tratamentos dentários, problemas de pele, estética, serviços de precisão como corte de peças, em instrumentos eletrônicos como impressoras, copiadoras, leitores de código de barras e canetas a laser. Não deve ser direcionado ao olho, pois pode ocasionar danos à retina e também não deve ser apontado para aviões ou helicópteros, pois pode prejudicar a visão do piloto e ocasionar sérios acidentes.</p>
<p>Átomo/Modelos atômicos</p> 	
<p>Luz branca</p> 	

<p>Formação do arco-íris</p> 	
<p>Albert Einstein</p> 	
<p>Acendimento automático da iluminação pública</p> 	
<p>Sensor de presença/célula fotoelétrica</p> 	
<p>Smartphone</p> 	
<p>Painel solar</p> 	
<p>Controle remoto</p> 	