UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INTERUNIDADES EM ENSINO DE CIÊNCIAS

WELLINGTON BATISTA DE SOUSA

**A Teoria da Transposição Didática e a Teoria Antropológica do
Didático aplicadas em um Estudo de Caso no Ensino da Física
Moderna e Contemporânea**

São Paulo
2015

WELLINGTON BATISTA DE SOUSA

**A Teoria da Transposição Didática e a Teoria Antropológica do
Didático aplicadas em um Estudo de Caso no Ensino da Física
Moderna e Contemporânea**

**São Paulo
2015**

WELLINGTON BATISTA DE SOUSA

**A Teoria da Transposição Didática e a Teoria Antropológica do
Didático aplicadas em um Estudo de Caso no Ensino da Física
Moderna e Contemporânea**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ensino de Ciências. Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Elio Carlos Ricardo

**São Paulo
2015**

Autorizo a reprodução e a divulgação, total ou parcial, deste trabalho por qualquer meio convencional, eletrônico ou digital, para fins de estudo ou pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Sousa, Wellington Batista de

A teoria da transposição didática e a teoria antropológica do didático aplicadas em um estudo de caso no ensino de física moderna e contemporânea. São Paulo, 2015.

Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. Elio Carlos Ricardo

Área de Concentração: Ensino de Física.

Unitermos: 1. Física - Estudo e ensino; 2. Física moderna - Estudo e ensino; 3. Formação de professores; 4. Teoria da transposição didática; 5. Teoria antropológica do didático.

USP/IF/SBI-030/2015

Sousa, Wellington Batista. **A Teoria da Transposição Didática e a Teoria Antropológica do Didático aplicadas em um Estudo de Caso no Ensino da Física Moderna e Contemporânea.** Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ensino de Ciências.

Aprovado em: 16 / 06 / 2015.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Elio Carlos Ricardo
FEUSP
(Membro Titular - Orientador)

Profª. Dra. Ivani Teresinha Lawall
UDESC
(Membro Suplente)

Profª. Dra. Jesuina Lopes de A. Pacca
IFUSP
(Membro Titular)

Prof. Dr. Mauricio Pietrocola
FEUSP
(Membro Suplente)

Profª. Dra. Maria Beatriz Fagundes
UFABC
(Membro Titular)

Prof. Dra. Lúcia Helena Sasseron
FEUSP
(Membro Suplente)

Prof. Dra. Maria Inês Ribas Rodrigues
UFABC
(Membro Titular)

Prof. Dr. George Kouzo Shinomiya
UESC
(Membro Suplente)

Prof. Dr. Ivã Gurgel
IFUSP
(Membro Titular)

Prof. Dr. Mikael Frank R. Junior
UNIFEI
(Membro Suplente)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Dona Irene (*in memoriam*),
minha mãe, com quem aprendi que estudar era algo
valeroso e que me levaria a lugares inimagináveis. O
meu eterno carinho, saudade e amor.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos a serem expostos em um trabalho com essa dimensão acabam tornando esse momento um dos aspectos mais complicados da conclusão de uma jornada. Afinal, corre-se o risco da não citação, e pior, esquecimento de um companheiro ou colega que mesmo por meio de uma ajuda pontual e/ou casual, ainda assim, mereça a nossa devida consideração pela contribuição dada para a execução do trabalho.

Entretanto, o primeiro agradecimento se faz sempre a *Aquele* que desde sempre, proporcionou as condições essenciais para a nossa existência. Assim, agradeço a *Deus* nosso *Senhor*, pela oportunidade única de poder alcançar este momento ímpar em minha formação acadêmica. Sem *Tua* ajuda, o caminho teria sido muito mais tortuoso. Ao *Senhor*, o meu muito obrigado.

Em seguida, agradeço aos meus pais, Francisco e Irene (*in memoriam*), pessoas que acreditaram e investiram em meu desenvolvimento, contribuindo de maneira decisiva para a formação de uma pessoa de bem. A vocês o meu agradecimento eterno e o meu profundo amor, pois sem o amor e a compreensão de vocês nada disso teria acontecido.

Agradeço também aos meus irmãos, Wesley e Verônica, pessoas com quem continuo compartilhando maravilhosos momentos em família. A vocês também, o meu muito obrigado pela paciência e companheirismo. Aos meus novos familiares, Roberto e família, Fátima e família, obrigado pelo acolhimento.

Gostaria de agradecer de forma singela aos meus professores, ou melhor, aos meus grandes mestres que me proporcionaram enxergar o mundo com outros olhos. Aos muitos mestres com quem tive o prazer de aprender um pouco de tudo e de tudo um pouco, o meu mais sincero respeito, carinho e agradecimento.

Entretanto, existem mestres que marcam para sempre nosso coração e nossa vida. Dentre eles, destaco a minha eterna orientadora, profa. Dra. Nobuko Ueta do IFUSP, que acreditou em mim no início da minha caminhada na pós-graduação, orientando-me e incentivando-me a olhar sempre para frente e jamais desistir. Pessoa talentosa na arte de ensinar e de tratar as pessoas, com conhecimento invejável, humor refinado e, o melhor de tudo, uma paciência para lidar com pessoas. A você professora, o meu eterno respeito, admiração e agradecimento.

Ao prof. Dr. Mauricio Pietrocola da FEUSP que me proporcionou a visão inicial do que é ser um pesquisador, mostrando-me que o ensino é muito mais que um processo, é também uma atividade que envolve pessoas e elas precisam se sentir parte desse processo. Acredito que você conseguiu me fazer sentir parte desse processo quando ingressei no grupo do LaPEF em 2004.

Aos colegas da USP, grupos de pesquisa do LaPEF e NuPIC, com quem tive a oportunidade de estudar, trabalhar, compartilhar ideias, lamentações, alegrias e boas risadas, o meu agradecimento mais sincero pelas palavras de incentivo, apoio e que me motivaram a continuar em frente: George, Jorge, Ivani, Milton, Ricardo, Josias, João, Osvaldo, Maria Cristina, André, Armando, Guaraciba, Maxwell, Guilherme, Estevan, Lúcia Helena, Thaís, Ivã, Luzia, Aline, Márcia, Roberto, Luis e outros tantos colegas, o meu muito obrigado. Vocês não imaginam como contribuíram nessa minha jornada.

Aos colegas Alexandre e Tadeu, um agradecimento especial pela qualidade de bons ouvintes e de bons conselheiros. Vocês são especiais. O meu muito obrigado pela nossa convivência, respeito e amizade.

Ao colega Djalma Nunes (Paraná) o meu enorme respeito e admiração, principalmente por ter escrito livros que me nutriram intelectualmente, permitindo-me enxergar através de um olhar distorcido e míope, como a física é bela e muito além de meros exercícios de aplicação sem texto e contexto.

Aos muitos colegas, professores, gestores e funcionários, do Colégio Miguel Munhoz Filho onde iniciei minha docência há 21 anos e, assim permaneço diariamente e continuamente, em minha luta por uma melhor educação. Vocês contribuíram imensamente para a minha formação profissional, a todos, o meu muito obrigado.

Aos colegas professores, gestores e funcionários do Colégio Metodista de SBC (Andréia, Carla, Joyce, Juliana, Renata, Luis Gustavo, Adriano, Silvana, Débora, Maria Bernadete, Dalmo, Vladison, entre outros) pela oportunidade de desenvolver trabalhos ímpares e que me mostraram que a educação ainda resiste frente aos aspectos burocráticos do processo e do sistema de ensino, o meu agradecimento.

Aos colegas docentes da Universidade Metodista de SBC, FATECs SBC e Santo André, obrigado pela oportunidade de desenvolver o magistério no Ensino Superior. É uma honra trabalhar com profissionais como vocês.

Especialmente, agradeço aos professores Valter Thomáz e Luís Coelho, docentes e amigos da Universidade Metodista de SBC, pelas prazerosas conversas sobre a física

de ontem, de hoje e do amanhã, além das sessões nostalgias que sempre desfrutamos com boas risadas e, possivelmente, algum ensinamento.

Ao amigo de mais de 20 anos de luta e de conversas eternas sobre educação, ensino de física e diversas bobearias, além de conselheiro e fiel ouvinte de nossas angústias e eternos descontentamentos, mesmo que eles não fossem legítimos - Seiji, a você todo o meu respeito e carinho em todos esses momentos e pelas palavras de incentivo. Obrigado por você ser essa pessoa. Saiba que sempre me inspirou e continua me inspirando. Um dia, quem sabe, conseguirei superá-lo!

Deus certamente tem propósitos bem definidos em nossa vida e, por vezes, proporciona momentos e pessoas no momento certo. Essa pessoa é minha esposa Estela. Você veio quando eu mais precisava, dando-me carinho, amor, respeito e, acima de tudo, um enorme companheirismo e parceria em todas as horas. Além disso, proporcionou-me a maior prova de que o nosso amor existe, nosso filho Miguel, uma criança iluminada e que encheu nossa vida de luz. Amo muito vocês e agradeço pela compreensão em relação à minha ausência que aparentemente nunca ia ter fim. Ao meu cachorrinho paçoca obrigado também pelo companheirismo e pelas peraltices de todos os dias. A vocês o meu eterno amor.

Aos colegas do futebol de domingo que tem me permitido, apesar da pouca categoria, passar momentos de alegria e de muitas risadas com minhas jogadas sem muita habilidade e/ou finalidade.

Aos amigos, Paulo, Olívia e Letícia, agradeço pela oportunidade de partilhar a sua amizade e pelo compartilhamento de momentos agradáveis, mostrando-me que na vida existem pessoas com quem sempre podemos contar. Essas pessoas são vocês. O meu muito obrigado.

Todo o trabalho desenvolvido não teria ocorrido a nosso contento sem o apoio e atenciosa orientação do professor Dr. Elio Carlos Ricardo, meu orientador. Pessoa ímpar, muito bem humorada, contadora de casos e causos, justa e detentora de um conhecimento amplo e invejável. Por ter me auxiliado ainda na época do mestrado e, atualmente, na execução de mais um sonho e etapa da minha vida acadêmica, o meu respeito, admiração e o meu muito obrigado pela partilha de sua atenção tão requisitada.

Minhas sinceras desculpas pelo esquecimento de algum colega, mas, ainda assim, o meu agradecimento a todos vocês,

Wellington Batista de Sousa.

Todos os dias quando acordo
Não tenho mais o tempo que passou
Mas tenho muito tempo
Temos todo o tempo do mundo

Tempo Perdido (Legião Urbana)

RESUMO

SOUSA, W. B. **A Teoria da Transposição Didática e a Teoria Antropológica do Didático aplicadas em um Estudo de Caso no Ensino da Física Moderna e Contemporânea.** 2015. 273f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

Nas últimas décadas encontramos nos documentos oficiais (PCNEM e PCN+) orientações quanto à necessidade da inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) nas aulas de física no Ensino Médio. Nesse mesmo período, professores e pesquisadores já sinalizavam quanto a esses aspectos e percebe-se que existem pontos em comum em suas pesquisas quanto às dificuldades de implementação dessa inserção. Nessa perspectiva, alguns conteúdos já foram inseridos a partir de projetos de inovação curricular nas escolas públicas e por meio de cursos de formação continuada, atendendo às necessidades dos professores de física, mostrando, por exemplo, que é possível levar tais conteúdos para a sala de aula. Contudo, quando procuramos analisar as pesquisas referentes ao professor nesse contexto, percebe-se uma escassez de trabalhos que se ocupam da formação e da prática docente no contexto da inovação curricular e, mais especificamente, da inserção da FMC. Dessa forma, este trabalho procura analisar a formação e a prática do professor nesse contexto, apresentando uma articulação possível entre a Teoria da Transposição Didática (TTD) e a Teoria Antropológica do Didático (TAD), ambas de Chevallard, na identificação das praxeologias adotadas pelo professor durante o processo de didatização dos saberes, na perspectiva de que ele desempenha um papel central e, ao mesmo tempo, sensível no momento de transformar o saber até que este chegue à sala de aula. Para isso, foi realizada uma pesquisa qualitativa, centrada em um estudo de caso, no qual é analisada a prática docente de um professor de física da rede pública que participou de um curso de formação continuada no contexto da inovação curricular, e que, posteriormente, trabalhou com uma sequência didática sobre a temática da dualidade onda-partícula no Ensino Médio. Assim, busca-se identificar as praxeologias transpostas do curso de formação continuada para a sala de aula, bem como o exercício da vigilância epistemológica ao longo desse processo.

Palavras-Chave: Física Moderna e Contemporânea, Inovação Curricular, Formação de Professores, Vigilância Epistemológica, Teoria Antropológica do Didático.

ABSTRACT

SOUSA, W. B. **The Theory of Didactic Transposition and Anthropological Theory of the Didactic applied to a case study in the Modern and Contemporary Physics Education.** 2015. 273f. Thesis (Doctorate) - Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

In the official documents (PCNEM and PCN+) of recent decades an orientation on the need to insert Modern and Contemporary Physics (MCP) in high school physics classes was published. In the same period, teachers and researchers already signaled on these matters and it is noticed that there are common difficulties to implement this insertion, as related in their research about this subject. From this perspective, some contents on curriculum innovation projects in public schools have been suggested giving pedagogical updating courses focusing on the physics teachers needs, showing, for example, that it is possible to take such contents in a the classroom. However, when we analyzed the research on the teacher in this context, there is a perceived lack of studies dealing with training and teaching practice in the context of curriculum innovation and, more specifically, the insertion of the MCP. Thus, this paper analyzes the formation and practice of teacher in this context, indicating a possible link between the Didactic Transposition Theory (DTT) and the Anthropological Theory of the Didactic (ATD), both of Chevallard, in the identification of the praxeologies adopted by the teacher during a didactization process of knowledge, from the standpoint that it plays a central role. At the same time, it is analyzed how the teacher shows to be sensitive until the knowledge turns to reach the classroom. For this, a qualitative research was conducted, focusing on a case study, where the teaching practice of a physics professor at the public school who participated in a continual education course in the context of curriculum innovation, and subsequently worked with a teaching sequence on the topic of wave-particle duality in high school. Thus, we seek to identify the transposed praxeologies the continuing education course for the classroom, and how is the exercise of epistemological vigilance throughout this process.

Keywords: Modern and Contemporary Physics, Curriculum Innovation, Teacher Training, Epistemological Vigilance, Anthropological Theory of the Didactic.

Lista de Abreviaturas e Siglas

CENP - Coordenadoria de Ensino e Normas Pedagógicas
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DCNEB - Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica
DCNEM - Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio
EJA - Educação de Jovens e Adultos
EM - Ensino Médio
ES - Entrevista Semiestruturada
FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FEUSP - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo
FCT - Formação Continuada Tradicional
FCRI - Formação Continuada Reflexiva e Inovadora
FMC - Física Moderna e Contemporânea
FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
HDMI - High-Definition Multimedia Interface
I - Instituição
I_A - Instituição de aplicação
I_E - Instituição Escola
I_R - Instituição de referência
I_U - Instituição Universidade
IDESP - Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo
IES - Instituições de Ensino Superior
LaPEF - Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física
LED - Light Emitting Diode
LCD - Liquid Crystal Display
LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MC - Mapas Conceituais
MD - Momentos Didáticos
MEC - Ministério da Educação
MOODLE - Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment
NuPIC - Núcleo de Pesquisa em Inovações Curriculares
OBD - Objeto Didático
OD - Organização Didática

OF - Organização Física

OP - Organização Praxeológica

PAC - Projetos Acadêmicos Curriculares

PAR - Plano de Ações Articuladas

PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

PCN+ - Orientações Educacionais Complementares aos PCNEM

PG - Praxeologias Globais

PhET - Simulador Virtual da Universidade do Colorado

PISA - Programa Internacional de Estudantes

PL - Praxeologias Locais

PNE - Plano Nacional de Educação

PP - Praxeologias Pontuais

PR - Praxeologias Regionais

PPP - Projetos Políticos Pedagógicos

Redefor - Rede São Paulo de Formação Docente

SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica

SARESP - Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo

SEE/SP - Secretaria de Educação do Estado de São Paulo

SEI - Sequências de Ensino Investigativas

STOA - Science and Technology Options Assessment

TAD - Teoria Antropológica do Didático

TDE - Transposição Didática Externa

TDI - Transposição Didática Interna

TLS - Teaching Learning Sequence

TSD - Teoria das Situações Didáticas

TTD - Teoria da Transposição Didática

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

USB - Universal Serial Bus

VE - Vigilância Epistemológica

SUMÁRIO

Resumo.....	i
Abstract.....	ii
Capítulo 1 - Considerações Iniciais.....	17
1.1 - Introdução.....	17
1.2 - Primeiro relato: a participação no LaPEF e o mestrado.....	17
1.3 - Segundo relato: o curso de formação continuada.....	26
1.4 - Objetivos e problema.....	32
1.5 - Descrição dos capítulos.....	34
Capítulo 2 - Inovação Curricular e Formação Docente na Educação Básica.....	35
2.1 - Introdução.....	35
2.2 - A reformulação e a inovação curricular.....	36
2.3 - Aspectos da formação docente na Educação Básica.....	48
Capítulo 3 - A Teoria da Transposição Didática e a Teoria Antropológica do Didático.....	60
3.1 - Introdução.....	60
3.2 - A Teoria da Transposição Didática (TTD).....	64
3.3 - Caracterizando os saberes presentes na TTD.....	70
3.3.1 - Saber sábio.....	70
3.3.2 - Saber a ensinar.....	71
3.3.3 - Saber ensinado.....	74
3.3.4 - Analisando a sobrevivência do saber.....	75
3.3.5 - As regras da TTD.....	77
3.3.6 - Outros aspectos da TTD.....	80
3.4 - A Vigilância Epistemológica (VE).....	82
3.5 - A Teoria Antropológica do Didático (TAD).....	85
3.5.1 - A noção central da TAD: as praxeologias.....	93
3.5.2 - O modelo dos momentos didáticos (MD).....	104
Capítulo 4 - A Metodologia da Pesquisa.....	108
4.1 - Introdução.....	104
4.2 - A escolha da metodologia da pesquisa.....	115
4.3 - A coleta de dados e a técnica da triangulação.....	121
4.3.1 - Descrição dos instrumentos de coleta de dados.....	124
4.3.2 - Caracterização do local de aplicação.....	128
4.3.3 - Caracterização das turmas.....	130
4.4 - Caracterização do professor aplicador.....	131

Capítulo 5 - A Análise dos Dados.....	136
5.1 - Introdução.....	136
5.2 - O delineamento da sequência didática de dualidade onda-partícula.....	138
5.3 - A descrição das aulas sobre o efeito fotoelétrico.....	148
5.4 - Análise das aulas sobre o efeito fotoelétrico.....	151
5.4.1 - Primeira aula: investigação do fenômeno.....	152
5.4.2 - Segunda aula: explicação do fenômeno.....	174
5.4.3 - Terceira aula: sistematização do fenômeno.....	185
Capítulo 6 - Considerações Finais.....	196
Referências Bibliográficas.....	204
Anexos.....	222

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. 1 - Introdução

A origem deste trabalho está em dois eventos distintos da vida acadêmica do autor. Um deles decorre dos resultados encontrados no trabalho de mestrado desenvolvido no período de 2006 a 2009 pelo Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, na modalidade Ensino de Física, da Universidade de São Paulo. O outro, está relacionado com algumas inquietações que se manifestaram durante os cursos de formação continuada, ministrados aos professores da Rede Pública, no período de 2009 a 2012, na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

Os eventos mencionados, embora distintos, compartilham experiências sobre o emprego da inovação curricular. Assim, procuramos a partir de dois relatos a respeito das experiências iniciais com a questão da inovação curricular, no contexto dos eventos citados, apresentar os elementos que suscitaram o delineamento da pesquisa e, portanto, a realização da tese.

O primeiro relato ressalta as experiências vivenciadas no interior do Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física (LaPEF) da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo que, posteriormente, favoreceram o desenvolvimento do trabalho de mestrado. O segundo, tem relação direta com os cursos de formação continuada ministrados na mesma instituição e que foram de fundamental importância para a consolidação do problema e do objeto de pesquisa.

1.2 - Primeiro relato: a participação no LaPEF e o mestrado

No período entre 2004 e 2006 iniciamos as atividades no grupo do LaPEF. O grupo então coordenado pelo professor Dr. Maurício Pietrocola, da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, trouxe como proposta de trabalho a Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para as aulas de física do Ensino Médio da Rede Pública.

A proposta, posteriormente, consolidou-se como um projeto¹, recebendo apoio de instituições de fomento, como a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Os objetivos iniciais do projeto visavam ao desenvolvimento de sequências didáticas, materiais didáticos, atividades experimentais e outras, que permitissem a inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) e, portanto, trouxessem às aulas de física do Ensino Médio na Rede Pública a possibilidade de introdução de inovações, de forma a amenizar as críticas que o currículo de física já vinha recebendo há algum tempo em diversas instâncias (CARVALHO e VANNUCHI, 1996 e 2014; CACHAPUZ et al., 2005; CHIQUETTO, 2011).

Dentre os outros objetivos do projeto, destaca-se a tentativa de uma maior conciliação entre teoria e prática, algo muito criticada nos cursos de formação inicial e continuada², além da inserção de cursos de formação continuada de forma que pudesse ser realizada a difusão dos materiais e atividades desenvolvidos pelo grupo aos professores da Rede Pública e aos respectivos professores coordenadores das Diretorias de Ensino da área de física e ciências³ do Estado de São Paulo.

Como a proposta objetivava a implementação de novos conteúdos e metodologias ao currículo vigente na Rede Pública, de forma a promover uma inovação curricular⁴, tornou-se importante para o desenvolvimento da proposta o envolvimento de professores da própria rede. Foi nessa perspectiva que ocorreu o nosso ingresso no grupo de professores participantes do novo projeto, substituindo, inicialmente, um membro que estava em fase de desligamento e conclusão do projeto anterior⁵.

¹ Projeto FAPESP (projeto nº 2003/00146-3).

² No capítulo 2 serão fornecidos maiores detalhes a respeito dos cursos de formação de professores inicial e continuada para a Educação Básica, com discussões a respeito das discrepâncias encontradas entre a teoria e a prática presente nesses cursos de formação.

³ Em princípio, participaram os professores coordenadores da área de ciências das Diretorias de Ensino uma vez que nem todas as diretorias, naquele momento, possuíam um professor coordenador específico da área de física. Além disso, muitos foram os professores que vieram de outras cidades do Estado de São Paulo para participarem dos cursos ministrados na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Isso foi possível devido ao apoio e divulgação do projeto e dos cursos de formação no site da antiga Coordenadoria de Ensino e Normas Pedagógicas da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo (CENP-SEE/SP). Atualmente, este órgão foi substituído pela Coordenadoria de Gestão da Educação Básica.

⁴ No capítulo 2 daremos maiores esclarecimentos sobre o significado da inovação curricular e o seu emprego no ensino de ciências.

⁵ O projeto do grupo do Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física (LaPEF), anterior ao de FMC, foi sobre o Ensino de Termodinâmica sendo também voltado à Rede Pública. O projeto coordenado pela professora Dra. Ana Maria Pessoa de Carvalho teve sua finalização no final do ano de 2003. No início do ano de 2004, sob a coordenação

Logo, o novo grupo formado passou a se constituir principalmente de professores da Rede Pública, orientandos de mestrado e doutorado, equipe técnica e pesquisadores da própria Universidade de São Paulo.

Para o desenvolvimento das atividades do grupo e do novo projeto, foram organizadas reuniões semanais, às terças-feiras, no período da manhã, com duração de cerca de quatro horas, nas quais eram desenvolvidos materiais didáticos, atividades a serem aplicadas na sala de aula, além de discussões, leituras e estudos acerca dos conteúdos físicos a serem inseridos no novo projeto.

A partir das reuniões de trabalho, e após muitas discussões em grupo, decidiu-se pela elaboração de duas sequências didáticas iniciais sobre FMC. A primeira, sobre a temática da Dualidade Onda-Partícula, enquanto a outra estava centrada na temática das Partículas Elementares. Posteriormente, esses temas se tornaram objeto de trabalhos de mestrado desenvolvidos, respectivamente, pelos alunos José Guilherme de Oliveira Brockington⁶ e Maxwell Roger da Purificação Siqueira⁷, orientados pelo coordenador do projeto.

Convém ressaltar que esses trabalhos deram o suporte ao conteúdo físico das sequências didáticas que estavam sendo elaboradas, definindo um ponto de partida para que os professores da Rede Pública e demais integrantes do grupo pudessem se apropriar dos temas, conteúdos e conseguissem elaborar os materiais e atividades conforme os objetivos traçados inicialmente no projeto.

Todavia, os professores participantes também foram convidados a se tornarem coautores dos materiais e atividades, apresentando, dessa forma, uma participação ativa no processo de desenvolvimento do projeto, bem como da sua implementação no ambiente escolar.

Posteriormente, por meio das aplicações desenvolvidas em sala de aula por esses professores em suas respectivas escolas da Rede Pública Estadual, as sequências puderam ser (re)escritas, (re)adaptadas e (re)avaliadas, de forma que pudessem se consolidar como sequências exequíveis, adquirindo ao longo do tempo uma validação

do professor Dr. Maurício Pietrocola, teve início o novo projeto voltado à Rede Pública de ensino que tornou possível o ingresso de novos integrantes no grupo do LaPEF.

⁶ BROCKINGTON, Guilherme. **A Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para alunos do Ensino Médio**. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2005.

⁷ SIQUEIRA, Maxwell. **Do visível ao invisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio**. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2006.

em função do número de aplicações bem sucedidas nas aulas de Física do Ensino Médio.

Outro aspecto a se considerar é que foram produzidas duas versões diferentes da primeira sequência didática de Dualidade Onda-Partícula⁸. Ambas focalizavam sobre tópicos de Física Quântica, porém com diferenças quanto à exigência ou não de pré-requisitos⁹ para a sua aplicação em sala de aula.

Assim, as duas sequências foram aplicadas em turmas da 3ª série do Ensino Médio em escolas públicas da cidade de São Paulo. Dessas aplicações resultaram pesquisas que produziram dissertações de mestrado (BROCKINGTON, 2005; SIQUEIRA, 2006; SOUSA, 2009), artigos científicos (BROCKINGTON e PIETROCOLA, 2005; PIETROCOLA e SIQUEIRA, 2005; PIETROCOLA, SOUSA e UETA, 2007), apresentações em congressos nacionais e internacionais, bem como a produção de um vídeo para a série *Com Ciência* da TV Escola¹⁰.

No período de estudos e de elaboração do curso de Dualidade Onda-Partícula, acabamos tomando consciência quanto à árdua tarefa de tentar promover uma inovação na sala de aula, ainda que esse nível de consciência estivesse em uma fase relativamente embrionária. Entretanto, ficaram em evidência as dificuldades que um professor que almejasse inovar teria de enfrentar no momento de desenvolver e trazer novos conteúdos e metodologias às suas práticas atuais, afinal, teria que romper com crenças, práticas e valores, muitas vezes, já consolidados pelo tempo.

Tal situação colocou-nos diante de um questionamento referente à nossa própria prática, pois estávamos acostumados a selecionar conteúdos considerados clássicos da física e, portanto, já estabelecidos há algum tempo, dentre eles, tópicos de mecânica, termodinâmica e eletromagnetismo, para as aulas de física, além do emprego de metodologias e recursos instrucionais tradicionais¹¹.

⁸ Uma das versões pode ser observada no site do Núcleo de Pesquisas em Inovações Curriculares (NuPIC). Disponível em: <<http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais>>. Acesso em: 05 maio 2014.

⁹ Uma versão iniciava diretamente com tópicos de física quântica e discussões sobre a dualidade da luz na natureza. A outra iniciava com o estudo da ondulatória de modo a se discutir o emprego do modelo ondulatório em algumas situações físicas. Posteriormente, era apresentado o modelo corpuscular.

¹⁰ O vídeo do Programa *Com Ciência* da TV Escola corresponde ao episódio 3 da série e procura retratar a experiência realizada pelo grupo do LaPEF, sob a coordenação do prof. Dr. Maurício Pietrocola, e a possibilidade de levar para as aulas de física do Ensino Médio discussões sobre tópicos de Física Moderna. Disponível em: <http://tvescola.mec.gov.br/index.php?option=com_zoo&view=item&item_id=4981>. Acesso em: 19 fev. 2015.

¹¹ Quanto à metodologia estamos nos referindo ao emprego maciço da aula expositiva. Quanto ao uso dos recursos instrucionais, a lousa continuava a ser muito empregada, porém com o uso bastante tímido de vídeos, experimentos e demonstrações em sala de aula.

Naquele momento, não imaginávamos como seria possível levar a FMC para as aulas de física no Ensino Médio por uma série de motivos. Dentre eles, destacamos os seguintes:

- a falta de conhecimento mais aprofundado acerca dos conceitos e conteúdos envolvidos com a FMC;
- o desconhecimento, naquele momento, da existência de materiais didáticos adequados que dessem suporte às discussões sobre a FMC em sala de aula;
- o desconhecimento de relatos sobre experiências ou atividades bem sucedidas que favorecessem o estabelecimento de discussões sobre esses conteúdos;
- o despreparo em nossa formação inicial sobre metodologias e práticas que permitissem efetuar uma abordagem adequada dos temas da FMC e, portanto, a inserção de uma inovação curricular nas aulas de física do Ensino Médio.

Mais tarde, ao ministrarmos os cursos de formação continuada aos professores da Rede Pública na perspectiva da inovação curricular, constatamos que as mesmas aflições, dilemas, despreparos, questionamentos e outras angústias, também eram compartilhados pelos colegas docentes.

Assim, tais aspectos nos permitiram inferir que os professores em muitas situações do curso de formação continuada em que atuamos estivessem receosos em expor suas fraquezas e angústias, dentre elas, suas limitações em termos de conhecimento do conteúdo físico a ser trabalhado, uso de atividades e materiais diferenciados em suas aulas, ou, ainda, a falta de condições para o exercício da prática docente nas escolas em que lecionavam.

Dessa forma, esses elementos nos apresentaram um cenário bastante intrigante, contribuindo de modo a reforçar percepções que já vinham se formado diante das ações nossas no interior do grupo como, por exemplo, os receios no momento de se tentar

promover mudanças nas aulas de física e as incertezas associadas a essas mudanças em nosso cotidiano e em nossa prática docente.

Além disso, no momento da construção da sequência didática inovadora foi possível estabelecer um olhar, ainda que incipiente, para a prática e o real projeto de ensino que o professor almejava estabelecer. Isso ocorreu, principalmente, em função da necessidade do estabelecimento de prioridades e metas que pudessem nortear a construção das sequências e o que se esperava alcançar com elas.

Outro aspecto que conduziu a essa reflexão foi o reconhecimento de que, muitas vezes, estaríamos levando para a escola conteúdos físicos e atividades de diferentes naturezas e usualmente não trabalhadas nas aulas de física, como exemplo, sequências de ensino investigativas (SEI)¹² (CARVALHO et al., 2013).

Logo, um grande desafio que acabou se estabelecendo diante do próprio grupo de professores participantes do projeto foi o evidente receio em ter que assumir novos riscos e colocá-los em confronto com as práticas já consolidadas há algum tempo. Afinal, uma vez que essa implementação fosse realizada de forma inadequada, ou ainda, sem o devido preparo e com objetivos não claramente definidos em relação ao projeto de ensino do professor, poderia haver um comprometimento de todo o projeto, conduzindo a possíveis fracassos e colocando à prova a figura do próprio professor.

Portanto, durante a preparação dos cursos, e suas respectivas aplicações, acabamos percebendo que os professores participantes do projeto manifestavam esses sentimentos de insegurança, mesmo que de uma forma velada. Porém, os efeitos acabavam sendo minimizados devido ao apoio e incentivo que uns davam aos outros e pelas orientações que eram fornecidas pelos mestrands, doutorandos e docentes da Universidade, que sempre se mostraram atentos a esses fatos.

Voltando-nos à construção das sequências didáticas, a segunda a ser elaborada foi a de Partículas Elementares, de autoria do mestrando Maxwell Roger da Purificação Siqueira. Os passos seguidos para sua construção foram semelhantes aos da primeira sequência, ou seja, teve a participação ativa dos professores da rede e dos demais integrantes do grupo do LaPEF, tanto na organização dos materiais didáticos e

¹² Uma SEI, é assim denominada quando possui algumas atividades consideradas chave. Na maioria das vezes, inicia-se com um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os estudantes no tópico desejado e oferece condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático (CARVALHO, 2013, p. 9).

atividades, quanto na implementação da sequência nas aulas de física da 3ª série do Ensino Médio.

Essa segunda sequência já nasceu bem estruturada e com conteúdos e atividades inspirados na estrutura e práticas que se desenvolveram na elaboração da primeira sequência, o que nos levaria a crer que também teria êxito ao ser aplicada em sala de aula.

Seu autor, assim como o da primeira sequência, acabou dando suporte ao conteúdo físico do curso, favorecendo, por exemplo, engajamento dos professores da rede no estudo do tema e no próprio incentivo à aplicação em sala de aula. Quanto ao suporte, este foi desenvolvido nas reuniões do grupo e em outros momentos fora dessas reuniões.

Assim, consideramos que houve a participação ativa dos professores da rede na (re)escrita, (re)adaptação e (re)aplicação dessa sequência didática, de forma que ela também pudesse se consolidar em uma estrutura viável e exequível de ser implementada nas aulas de física do Ensino Médio.

Apesar de todo o apoio e incentivo, mais uma vez foi possível constatar as incertezas e receios que uma inovação curricular acaba trazendo ao cotidiano do professor, principalmente no momento de construí-la e levá-la até a sala de aula.

Isso ocorre porque, ao colocar em execução a nova sequência na escola, torna-se possível reconhecer novamente as inseguranças que o novo traz ao cotidiano escolar e às práticas aparentemente consolidadas pelo tempo, cabendo ao professor, nesse momento, reconhecer quão necessário é o devido preparo para que os conteúdos e as atividades possam ser desenvolvidos de forma adequada no ambiente escolar.

Cabe ainda ressaltar que conforme apontam Lawall et al. (2010), as reuniões de preparação das aulas e as correspondentes discussões sobre as atividades que seriam desenvolvidas antes que fossem levadas à sala de aula, foram de fundamental importância para que professores e pesquisadores tivessem a segurança e a confiança necessárias para a realização da inovação nas aulas de física.

Diante disso, podemos dizer que foram através dessas reuniões e discussões que os professores ganharam, a nosso ver, não somente a formação teórico-científica sobre os conteúdos da FMC, mas também a confiança necessária para ousar em suas aulas,

investir no novo, acreditando que a mudança pudesse ser concretizada, ainda que fosse em pequena escala e em uma única sala de aula, a sua sala e em sua escola.

Um aspecto interessante é que durante os cursos de formação continuada que foram ministrados mais tarde, foi possível perceber esses mesmos receios, aflições e necessidades dos professores no momento em que se colocaram diante da possibilidade de levar tais inovações às suas escolas, ou seja, algo semelhante ao que ocorreu com os professores que iniciaram o projeto. Essa constatação nos permitiu uma reflexão e, ao mesmo tempo, gerou um questionamento se esse fator emocional, muitas vezes desconsiderado em muitas situações, não seria um obstáculo futuro à implementação da inovação curricular na sala de aula, afinal, um grande número de professores nunca havia tido contato com aspectos da inovação curricular em suas práticas.

Diante disso, reconhecemos que os cursos de formação continuada têm um papel fundamental não só na apresentação de novos conteúdos e metodologias aos professores, mas também desempenham um papel central na certificação de que eles possam ter um local de trocas e compartilhamento de ideias entre pares, além de oferecer condições adequadas para que no momento da inovação curricular consigam encontrar apoio para as dificuldades e obstáculos que venham a enfrentar em seu ambiente escolar, principalmente diante das novas situações que possam se estabelecer nesse novo contexto.

Ainda no grupo, tivemos a oportunidade de ter um contato inicial com a Teoria da Transposição Didática. A partir do seu estudo e da análise de alguns casos em que foi empregada, conseguimos identificar a sua importância para situações onde os saberes seriam transpostos de um nível a outro, de forma que pudessem chegar à sala de aula e, uma vez lá, permanecessem¹³.

Após esse período enriquecedor no interior do grupo, conseguimos identificar elementos que permitiram a construção de um projeto de pesquisa. Assim, delineamos esse projeto e o mesmo foi apresentado ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, na Modalidade Física, em 2005, com o qual conseguimos ingressar no mestrado no ano de 2006, tendo sua conclusão ocorrida no ano de 2009.

¹³ Mais tarde, essa teoria se tornaria o referencial teórico do nosso trabalho de mestrado, principalmente pelas questões relacionadas à didatização dos saberes escolares.

A pesquisa centrou-se em analisar uma sequência didática sobre a temática da Física das Radiações¹⁴ desenvolvida para o Ensino Médio, sob a luz da Teoria da Transposição Didática, de Yves Chevallard. Nela buscaram-se identificar os marcadores-estruturantes¹⁵ presentes na sequência, necessários para que ela fosse exequível em sala de aula, permitindo, dessa forma, sua sobrevivência no ambiente escolar.

O foco principal estava na análise da sequência didática e no fenômeno de didatização dos saberes escolares, a partir das regras da transposição didática. Dessa forma, essa teoria apresentou-se como uma ferramenta analítica adequada para a verificação da didatização dos saberes escolares.

A sequência didática foi aplicada em uma turma da 3ª série do Ensino Médio da modalidade de Educação de Jovens e Adultos (EJA) de uma escola pública da cidade de São Paulo. Sua aplicação se deu a cargo de um professor da rede, participante do grupo de pesquisa do LaPEF e que, de forma voluntária, prontificou-se em aplicá-la na escola em que lecionava.

Durante a aplicação da sequência e sua respectiva análise, a figura do professor e sua prática não foram investigadas, pois não correspondiam ao objeto da pesquisa, embora reconheçamos que esses são elementos fundamentais no interior do processo de transposição didática.

Assim, percebe-se que tanto na elaboração dos cursos de FMC na fase em que estivemos presente como professor integrante do grupo do LaPEF, quanto na aplicação da sequência didática desenvolvida e analisada em nossa pesquisa no mestrado, o professor assumiu uma postura central no contexto da inserção da inovação curricular.

Por esses atributos, acreditamos que o professor, sua formação e seu papel no contexto da inovação curricular sejam merecedores de um estudo mais aprofundado, uma vez que isso não foi realizado, por exemplo, em nosso trabalho de mestrado. Mais

¹⁴ O trabalho de mestrado defendido em 2009 pelo Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, na Modalidade Física, da Universidade de São Paulo, teve o seguinte título: “Física das Radiações: Uma Proposta para o Ensino Médio” e está disponibilizado na biblioteca digital de teses e dissertações da mesma instituição. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-17092012-141621/pt-br.php>>. Acesso em: 30 out 2014.

¹⁵ Os marcadores-estruturantes correspondem na sequência didática de Física das Radiações às atividades essenciais e necessárias para que a sequência possa ser exequível, garantindo desta forma, a permanência dos saberes escolares no ambiente escolar. Sob a luz da Teoria da Transposição Didática isto está relacionado ao caráter terapêutico do fenômeno de didatização dos saberes escolares, desde o saber a ensinar até o saber ensinado. Esse fenômeno de didatização dos saberes será detalhado no capítulo 3 desta tese.

adiante, serão apresentados outros elementos que justificam com maior clareza a necessidade dessa investigação, corroborando essa nossa visão.

Com isso, encerramos o primeiro relato. A seguir, apresentamos o segundo relato centrado no curso de formação continuada e que permitiu a consolidação do problema a ser investigado na tese.

1.3 - Segundo relato: o curso de formação continuada

O curso de formação continuada¹⁶ ocorreu no período de 2009 a 2011 e foi elaborado pelo grupo de professores e pesquisadores do NuPIC¹⁷, sob a coordenação do prof. Dr. Maurício Pietrocola.

O curso fez parte de um projeto voltado à Escola Pública e tendo como uma das metas a capacitação de professores e coordenadores da área de física das diretorias de ensino do Estado de São Paulo de forma que, posteriormente, os mesmos pudessem realizar o papel de multiplicadores¹⁸ dentre os professores da Rede Pública em suas respectivas escolas/diretorias, tendo a FMC como temática central.

A origem do curso de formação continuada e seus respectivos temas, entretanto, acabam remontando aos cursos desenvolvidos com os professores mencionados no primeiro relato, tendo por base adaptações impressas ao longo do tempo em suas versões finais¹⁹, visando a garantir uma adequada exequibilidade na sala de aula.

Assim, analisando-se os objetivos dessa formação continuada, é possível identificar a necessidade da inserção de um curso que buscasse oferecer uma atualização curricular ao professor de física, conforme o coordenador do projeto de formação continuada destaca a seguir:

¹⁶ Em anexos (Anexo 1) apresentamos a proposta do curso de formação continuada na íntegra sob o título: “A Física Moderna no Ensino Médio e a formação de multiplicadores dentre os professores da Rede Pública”. Ressaltamos também que a profa. Dra. Nobuko Ueta, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, integrou e participou ativamente dos cursos ministrados, dividindo com o prof. Dr. Maurício Pietrocola a coordenação do projeto junto à CENP-FAPESP.

¹⁷ O Núcleo de Pesquisa em Inovações Curriculares (NuPIC) tem, entre outros objetivos, a elaboração, aplicação, análise e disponibilização de atividades didáticas para o ensino de ciências, destinado prioritariamente aos professores de ciências naturais do Ensino Fundamental e Médio. O grupo está vinculado à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo e é composto de pesquisadores da própria Universidade, em especial da Faculdade de Educação, estudantes de graduação em física, em ciências da computação, da pós-graduação em Ensino de Ciências e em Educação, e professores de física da rede pública.

¹⁸ Projeto FAPESP (projeto nº 2008/55542-4).

¹⁹ Os materiais didáticos referentes a esses cursos em suas versões finais podem ser encontrados no site do NuPIC. Disponível em: < <http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos e Materiais>>. Acesso em: 05 maio 2014.

A necessidade de uma atualização curricular que passe a englobar conhecimentos de Física Moderna e Contemporânea já é ressentida no meio acadêmico há quase duas décadas. Hoje parece consolidada a certeza da necessidade de inserção desses temas nos programas escolares e, pelo que indicam as pesquisas em ensino de Física, parece também haver um consenso quanto à importância de uma mudança curricular. Como o Ensino Médio passa a ser a única forma de escolarização formal em Física, ao não se abordar temas de Física Moderna e Contemporânea priva-se o futuro cidadão de tomar conhecimento desta nova maneira de compreender e prospectar a realidade (PIETROCOLA, 2010, p. 4).

Analisando-se a proposta da formação continuada encontramos entre seus objetivos alguns aspectos de destaque, dentre eles, momentos reflexivos periódicos, de forma que o professor pudesse refletir sobre sua aprendizagem através da elaboração de textos; questões abertas de verificação de aprendizagem, constituindo-se como instrumentos de avaliação individual e/ou coletiva, permitindo que os professores envolvidos na formação pudessem ser avaliados em termos de conteúdo e raciocínio.

Com isso, fica evidente uma preocupação por parte da equipe organizadora da formação continuada em elaborar cursos que não apenas fornecessem conteúdos, técnicas e metodologias prontas para a reprodução no ambiente escolar, mas que também desse a possibilidade de que o professor pudesse refletir sobre sua prática, seu projeto de ensino e o exercício da autoria²⁰.

Outro aspecto importante é que ao longo dos encontros da formação continuada foram realizados registros de gravação em áudio e vídeo, para que, posteriormente, o grupo de pesquisadores da universidade pudesse avaliar a participação dos professores e as questões relevantes no processo de construção do conhecimento no contexto envolvendo a FMC.

Do ponto de vista das metodologias de ensino, optou-se por utilizar as experiências já realizadas nos projetos anteriores. Logo, foram construídas atividades pautadas nas seguintes linhas metodológicas de ensino: uso de textos históricos, uso de experiências de demonstração-investigativa, uso de laboratório aberto, uso de referências bibliográficas alternativas para sala de aula (textos de apoio), uso de vídeos

²⁰ No capítulo 2 será feita uma discussão quanto aos modelos de cursos de formação inicial e continuada que, muitas vezes, encontram-se apoiados única e exclusivamente no emprego da racionalidade técnica, modelo este alvo de críticas na literatura específica da área.

selecionados, uso de softwares livres e consultas a materiais diversos disponibilizados na internet e outras mídias eletrônicas.

Os cursos da formação continuada foram estruturados com uma duração de 90 horas, sendo 40 horas de atividades presenciais e 50 horas de atividades semipresenciais, nas quais os professores pudessem, posteriormente, implementar as atividades desenvolvidas no curso em suas respectivas escolas/diretorias de ensino, com um acompanhamento à distância a ser realizado pelo grupo do NuPIC.

Inicialmente, os participantes optaram pela capacitação em um dos três temas que focalizaram os seguintes conteúdos da FMC: Tema 1: Relatividade; Tema 2: Linhas Espectrais; Tema 3: Partículas Elementares.

Para cada capacitação estipulou-se um número de cinco encontros presenciais de oito horas que ocorreram aos sábados²¹. Na etapa presencial, foram abordados os conteúdos de FMC, assim como materiais didáticos e metodologias de ensino para o tratamento desses conteúdos no Ensino Médio. As atividades, em sua maior parte, ficaram focalizadas naquelas presentes nos cadernos de orientação produzidos pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo (SEE/SP) e outros materiais complementares que foram elaborados pelo grupo do NuPIC.

A adesão aos cursos se deu por professores interessados de forma livre, a exemplo do que foi feito nos cursos anteriores ministrados pelo grupo, ficando limitado ao número mínimo de 15 participantes e a um máximo de 30. Entretanto, durante a seleção dos professores foi privilegiada a distribuição regional, visando a atingir todas as 90 diretorias de ensino do Estado de São Paulo. Particularmente, durante a aplicação dos cursos, atuamos como docente no curso de Linhas Espectrais²² (Tema 2), nas três edições em que o curso foi ofertado.

Dessa forma, os cursos foram ministrados com aulas teóricas e práticas. Dentre as atividades práticas, destacamos aquelas com caráter demonstrativo e aquelas com caráter investigativo, que visavam a estimular discussões sobre a inserção da FMC no ambiente escolar. Ao mesmo tempo, essas atividades procuraram colocar os professores frente a situações que pudessem manifestar sua opinião, suas experiências, além de

²¹ Para maiores detalhes sobre os encontros, olhar nos anexos da tese (Anexo 1).

²² Nos anexos apresentamos a ementa do curso de Linhas Espectrais e a sequência didática desenvolvida com os professores (Anexo 2).

momentos de reflexões sobre o ensino de ciências nos dias atuais, ou seja, uma posição mais participativa, efetiva e crítica dentro do processo da formação continuada.

Durante as atividades realizadas nos encontros presenciais, os professores foram divididos em pequenos grupos. As discussões partilhadas nesse pequeno grupo eram socializadas e compartilhadas com todos em outro momento. Assim, acreditamos que a estrutura da formação continuada tenha sido diferente de outras formações consideradas tradicionais, onde, muitas vezes, são privilegiados apenas aspectos da chamada racionalidade técnica²³.

Para o acompanhamento da parte à distância, optou-se pelo uso do ambiente virtual do MOODLE/STOA²⁴. Nesse ambiente foi possível a criação de um grupo de discussão que proporcionou aos professores incorporar a necessidade de trabalho em equipe, de troca de experiências e do uso da tecnologia no processo de formação e/ou docência²⁵, servindo também como um elemento de auxílio quanto às dúvidas na elaboração das sequências didáticas que, posteriormente, os professores foram convidados a elaborar.

Percebe-se com isso que muitas foram as conquistas alcançadas com a proposta. Entretanto, outros aspectos relacionados aos professores e suas práticas também se manifestaram ao longo das aplicações dos cursos e de forma bastante recorrente. Esses aspectos acabaram instigando novamente o nosso interesse na figura do professor no ambiente da formação continuada, contribuindo de forma significativa para a consolidação do problema a ser investigado na tese.

Dentre esses aspectos destaca-se um questionamento feito pelos professores e que acabou se manifestando muitas vezes durante a formação continuada. Esse

²³ No capítulo 2 serão discutidas as características desse modelo de formação e as críticas que a envolvem.

²⁴ No ambiente virtual do MOODLE/STOA foi possível também disponibilizar todos os materiais utilizados nos cursos e outros desenvolvidos ao longo deles. Isso permitiu aos professores cursistas realizarem trocas importantes de ideias e experiências, além de conseguirem materiais que pudessem adaptar para suas aulas. Disponível em: <<http://moodle.stoa.usp.br/mod/resource/view.php?id=16892>>. Acesso em: 12 jun 2014.

²⁵ Desde o início do curso de formação um dos objetivos centrais foi a elaboração de sequências didáticas, pois daria a oportunidade ao cursista de desenvolver o aspecto da autoria e o contato com conteúdos que normalmente não são abordados nas aulas de física no Ensino Médio, oferecendo, também, uma atualização fundamentada nas Orientações Curriculares do Estado de São Paulo sobre a temática da FMC. Outro aspecto de destaque foi quanto à abordagem feita em relação à inserção de atividades investigativas, permitindo a partir delas a construção de experimentos com materiais de baixo custo, de tal forma que os cursistas realizassem a montagem durante os cursos e, dessa forma, pudessem levá-los para suas respectivas escolas. Como os materiais em questão eram de baixo custo, os mesmos não trouxeram ônus nenhum a eles. Quanto à avaliação dos cursistas, a mesma se deu ao longo do curso e durante as aulas, a partir da realização das atividades propostas, entrega de relatórios, exercícios, avaliação escrita e participação nas atividades desenvolvidas no fórum.

questionamento esteve sempre relacionado à transferência desses conhecimentos físicos para a sala de aula.

Na mesma linha de raciocínio, alguns professores indagavam se poderiam fazer as mesmas perguntas que foram feitas a eles durante a execução das atividades na formação, e, ainda, se dessa forma conseguiriam alcançar resultados semelhantes em suas aulas. Outros questionamentos se referiam ao fato dos materiais estarem prontos para serem levados à sala de aula tal como estavam ou caberia aos professores realizarem alguma adaptação.

Apesar dos cuidados destacados pela equipe de docentes dos cursos em relação às discussões ocorridas nos cursos de formação continuada, de forma a favorecer uma maior coesão entre os aspectos teóricos e práticos, ainda assim alguns professores chegaram ao ponto de, em um determinado momento da sistematização de uma atividade²⁶ do curso de Linhas Espectrais, comentarem que embora tivessem se preparado para realizá-la através da leitura das orientações do caderno do professor²⁷, não conseguiam ou não haviam compreendido que a mesma deveria ter sido realizada daquela forma.

Assim, uma questão que imediatamente foi levantada após tais afirmações foi em relação a o que os professores, de fato, realizaram em suas aulas, ou seja, como as atividades que eles aplicaram em suas aulas de física transcorreram e quais encaminhamentos foram dados no momento da sistematização dessas atividades, uma vez que os professores assumiram que não haviam compreendido a sua execução corretamente, tal como estava nos cadernos do professor.

Com isso, deparamo-nos com o seguinte questionamento: como seria possível ensinar algo aos estudantes que o próprio professor não consegue compreender em sua plenitude, ainda mais por se tratar de aspectos relacionados a uma dimensão da natureza que foge, muitas vezes, aos nossos sentidos e que em outras circunstâncias deve ser investigada com o uso do imaginário científico, como é o caso dos conceitos da FMC?

Dessa forma, o questionamento manifestado pelos professores passou a fazer sentido, pois ficou desvelada, na verdade, uma preocupação com a forma com a qual deveria ser realizada a transposição das práticas apresentadas no curso de formação

²⁶ A atividade estava presente em um dos cadernos de atividades dos estudantes da 3ª série do Ensino Médio da Rede Estadual de São Paulo.

²⁷ No caderno do professor existem orientações específicas sobre a forma como a atividade referente a determinada situação de aprendizagem deve ser desenvolvida.

continuada para as práticas que os professores deveriam efetivamente implementar na sala de aula.

O fato de questionarem se as atividades poderiam ser usadas daquela maneira ou se exigiriam alguma adaptação, apresentou, a nosso ver, um desconhecimento por parte deles em sua formação inicial do fenômeno didático relacionado à didatização dos saberes, que no ambiente escolar ocorre a todo momento. Nesse contexto, o professor desempenha um papel central, conforme já foi alertado, pois é ele que deve acompanhar esse processo de forma a evitar que as adaptações impressas aos saberes ocorram de maneira insatisfatória, descaracterizando-os a ponto de se tornarem irreconhecíveis frente aos saberes originais ou de referência²⁸.

Além do mais, isso remete também à necessidade de compreensão, segundo Chevallard, das praxeologias²⁹ idealizadas e presentes em um contexto e com determinados objetivos, e aquelas apresentadas em outro contexto, como exemplo, nos cursos de formação continuada e aquelas transpostas para a escola, com outras necessidades e outros objetivos formativos.

Nesse caso, portanto, seria importante o professor reconhecer a sua relevância no interior desse processo de adaptação dos saberes, colocando-se, preferencialmente, em uma perspectiva reflexiva e crítica. Assim, ao adotar tal postura, o professor conseguiria desenvolver estratégias que permitiriam a sobrevivência dos saberes que foram transpostos para a escola³⁰ e que, desse modo, favoreceriam a conclusão do seu projeto de ensino em conformidade com sua realidade escolar.

Diante desse cenário, apresentamos a seguir os objetivos da tese e o problema central que motivou o seu estudo, sendo ele delineado a partir dos relatos apresentados.

²⁸ No capítulo 3 serão apresentados, segundo a perspectiva da Teoria da Transposição Didática de Chevallard, os três níveis do saber: saber sábio, saber a ensinar e saber ensinado.

²⁹ As praxeologias se constituem como principal objeto de estudo na Teoria Antropológica do Didático desenvolvida por Yves Chevallard e será melhor detalhada no capítulo 3. Entretanto, destacamos inicialmente que as praxeologias são inerentes a uma determinada instituição. Em seu interior se estabelece uma organização praxeológica, associada a tarefas, tipos de tarefas, técnicas, tecnologias e teorias que, dessa forma, constituem dois blocos bem definidos, um relacionado à prática (práxis) e o outro relacionado ao saber (logos), sendo ambos indissociáveis.

³⁰ Essa questão está relacionada ao exercício de uma *vigilância epistemológica* de forma contínua por parte do professor durante a didatização dos saberes, que ocorre no momento em que o professor pretende levar um saber contido em livros didáticos e manuais para a sala de aula. Este é um conceito fundamental, presente na Teoria da Transposição Didática e que será abordada no capítulo 3.

1.4 - Objetivos e problema

A partir das perspectivas apresentadas em cada relato, a figura do professor aparece em evidência. Reconhecemos, ainda, elementos intrínsecos a ele como a presença de seus saberes docentes, suas práticas pedagógicas, seu projeto de ensino, além das escolhas que envolvem as metodologias que emprega na sala de aula.

Logo, considerando as particularidades e especificidades da inovação curricular e sua implementação na escola por parte do professor que apresenta os aspectos levantados anteriormente, optamos por investigar o percurso que os saberes fazem a partir dos cursos de formação continuada até que sejam implementados efetivamente na sala de aula.

Para isso, buscamos verificar como se deu a transposição de conteúdos, metodologias e práticas por parte de um professor³¹, após a passagem por um curso de formação continuada, na perspectiva da inserção da inovação curricular.

Acreditamos, assim, que isso possa auxiliar na compreensão do fenômeno de didatização dos saberes escolares nesse contexto particular, evidenciando as transformações, escolhas e novas organizações didáticas que os professores imprimem no momento em que se colocam diante, por exemplo, da elaboração de sequências didáticas relacionadas à FMC para as aulas de física do Ensino Médio.

Diante dos pontos destacados, encontramos na Teoria da Transposição Didática e na Teoria Antropológica do Didático, ambas de Yves Chevallard, os referenciais teóricos³² para investigarmos o problema que propomos na tese, uma vez que tais teorias se constituem como ferramentas adequadas para a compreensão dos percursos que os saberes percorreram até serem adaptados às aulas de física no contexto da inovação curricular, além da forma como eles foram organizados ao chegarem à nova instituição, a saber, a escola.

É diante de tais considerações que identificamos a pergunta geral e motivadora da pesquisa, que pode ser apresentada da seguinte forma:

³¹ Conforme será apresentado no capítulo 4, optamos por realizar um estudo de caso, focalizando a atenção sobre um professor que realizou um dos cursos de formação continuada, no momento em que ele propõe levar para as aulas de física do Ensino Médio uma sequência didática sobre a dualidade onda-partícula.

³² No capítulo 3 da tese serão apresentadas justificativas mais adequadas para a escolha dos referenciais teóricos.

- Quais são as novas organizações didáticas que um professor, após concluir um processo de formação continuada focalizado na inovação curricular nas aulas de física do Ensino Médio, transpõe para a escola?

Acreditamos que a pergunta geral contenha uma grande abrangência frente à problemática apresentada. Entretanto, conseguimos identificar subperguntas, de caráter mais específico, que podem contribuir para um melhor entendimento da pergunta geral. Essas subperguntas seriam as seguintes:

- Quais características possuem as organizações didáticas³³ que um professor transpõe de um curso de formação continuada no contexto da inovação curricular para a escola?
- Como ocorre o acompanhamento³⁴ das adaptações ocorridas nos saberes escolares por parte do professor, no contexto da inovação curricular e inserção da FMC, durante sua prática docente?
- Qual(is) referencial(is)³⁵ ele utiliza na preparação da sua sequência didática no contexto da inovação curricular no momento em que vai implementá-la nas aulas de física do Ensino Médio?

Debruçando-nos nesses questionamentos, o presente trabalho foi desenvolvido de forma que pudesse trazer contribuições e/ou maiores esclarecimentos quanto às reflexões apresentadas, de forma que pudesse contribuir com elementos que preenchessem na literatura específica da área uma lacuna quanto ao professor e sua prática docente no contexto da inovação curricular, evidenciando o fenômeno de didatização dos saberes escolares e a transposição de praxeologias entre instituições, com necessidades e projetos formativos distintos.

³³ Relacionada à questão das praxeologias, segundo a Teoria Antropológica do Didático.

³⁴ Relacionada à questão da vigilância epistemológica, segundo a Teoria da Transposição Didática.

³⁵ Relacionada à questão da versão autorizada, segundo a Teoria da Transposição Didática.

1.5 - Descrição dos capítulos

De forma a organizar o escopo da tese, optamos pela seguinte ordenação dos capítulos:

- Capítulo 1 - Nesse capítulo descrevemos como se deu o delineamento da pergunta geral da tese, ressaltando, principalmente, os fatos que a motivaram.
- Capítulo 2 - Capítulo onde tratamos das questões relacionadas às inovações curriculares, particularizando, em seguida, aquelas relacionadas ao ensino de ciências, além de considerações gerais a respeito dos cursos de formação inicial e continuada de professores para a Educação Básica.
- Capítulo 3 - Nesse capítulo apresentamos as características dos referenciais teóricos utilizados na tese, ou seja, a Teoria da Transposição Didática e a Teoria Antropológica do Didático, ambas de Yves Chevallard, justificando suas escolhas e o seu potencial de análise frente ao problema apresentado.
- Capítulo 4 - Capítulo onde apresentamos o tipo de metodologia empregada na pesquisa, destacando as características daquela empregada na tese, ou seja, uma pesquisa qualitativa centrada em um estudo de caso, além dos critérios utilizados para sua delimitação.
- Capítulo 5 - Nesse capítulo são apresentados os dados coletados nas etapas da pesquisa e suas respectivas análises a partir dos referenciais teóricos escolhidos.
- Capítulo 6 - Capítulo onde são apresentadas as considerações finais da tese e algumas possíveis diretrizes em função dos resultados encontrados, além de alguns comentários e sugestões quanto aos aspectos gerais dos cursos de formação inicial e continuada em relação ao contexto de inovação curricular.

CAPÍTULO 2

INOVAÇÃO CURRICULAR E FORMAÇÃO DOCENTE NA EDUCAÇÃO BÁSICA

2.1 - Introdução

A partir das inquietações relatadas no capítulo anterior e dos questionamentos decorrentes disso, acreditamos que para uma maior compreensão dos pontos relativos ao contexto da inovação curricular e sua inserção no Ensino Médio, devemos focalizar um olhar mais cuidadoso sobre os aspectos relacionados à necessidade de reformulação dos currículos de ciências e, em especial, o de física, frente, principalmente, às novas demandas da atual escola e da sociedade na qual está inserida.

Para isso, é necessária uma discussão inicial quanto ao real significado daquilo que estamos considerando como reformulação curricular, ou seja, como ela ocorre no âmbito escolar e de que forma é implementada nesse contexto, mostrando que a partir dela seria possível a articulação da inovação curricular como elemento motivador e desencadeador dessa possível reformulação e, portanto, dando uma possível contribuição para a modificação do criticado cenário educacional atual.

Além disso, chamamos a atenção também para a questão da formação inicial e continuada dos professores da Educação Básica, destacando seus principais aspectos. Em seguida, levantamos as características gerais dos modelos teóricos mais empregados na formação de professores, de forma a tornar evidentes as competências necessárias ao professor que pretenda inserir uma inovação curricular na escola média.

Na sequência, são realizadas comparações entre os modelos teóricos empregados na formação de professores, na tentativa de apresentar um modelo que satisfaça às condições mínimas apontadas por especialistas quanto ao perfil ideal para o exercício da docência na Educação Básica.

Assim, a seguir, destacamos inicialmente os conceitos de reformulação e de inovação curricular, buscando aproximações e distanciamentos entre os termos, para, em um segundo momento, trazer uma justificativa quanto à necessidade do emprego da

inovação curricular como forma de contribuição para um ensino mais adequado da física no século XXI.

2.2 - A reformulação e a inovação curricular

Quando consideramos o conceito e a acepção do significado de reformulação, verificamos que ele está intimamente ligado ao conceito de reforma, ou seja, no sentido mais etimológico da palavra como algo relacionado a uma nova forma, ou, ainda, uma modificação daquilo já existente, porém visando a uma melhoria.

Dessa forma, uma reforma pressupõe uma mudança iniciada em um local privilegiado com uma administração central, afetando diretamente o sistema de ensino¹ de um país, principalmente, em sua estrutura, funcionamento ou propósito final. É nessa perspectiva que autores como Estebaranz (1994) consideram a reforma como uma mudança política que pretende dar resposta às necessidades sociais decorrentes de alterações no campo social.

É de posse dessa visão de reformulação que encaramos o atual mundo globalizado, composto de uma sociedade altamente tecnológica e com acesso a informação, e que têm solicitado, cada vez mais, aos estudantes, professores, escolas, gestores e suas políticas no âmbito educacional, mudanças nos valores, trajetórias e comportamentos em termos educacionais de forma a adequá-los frente à nova realidade.

Essa nova realidade que começamos a enfrentar está alicerçada, principalmente, na busca por uma adequação da escola frente às novas demandas, ou seja, uma escola revigorada e que atenda às necessidades dessa nova sociedade e modelo de mundo. Para isso, a exigência de uma reforma curricular se faz cada vez mais presente e serve como uma forma de tentar amenizar aos anseios daqueles que clamam por tais mudanças há algum tempo, considerando-as cada vez mais como urgentes e fundamentais para o desenvolvimento de uma nação.

Esses anseios e urgências, de fato, já vêm promovendo discussões no âmbito da necessidade de uma reformulação e adequação dos currículos escolares há algum tempo, uma vez que estes estão sempre em construção, apresentam um caráter dinâmico e devem ser compreendidos como um processo contínuo e que deveria influenciar

¹ Estamos considerando o sistema de ensino como o local onde se desenvolve o projeto educacional de uma sociedade (ASTOLFI e DEVELAY, 1995).

diretamente a prática do professor, promovendo, principalmente, reflexões sobre ela, algo nem sempre observado segundo a literatura da área (PACHECO, 1996).

Quanto a essa demanda urgente, porém, ainda vagarosa, argumentos favoráveis não faltam, inclusive com muitas ressalvas e alertas frente aos motivos dessa real demanda, as quais podem ser comprovadas em documentos oficiais como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996 e os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) de 2002.

Contudo, podemos constatar indícios dessa necessidade de forma mais direta, considerando que vivemos em um século com inúmeros avanços tecnológicos e com facilidades em decorrência deles, mas com indivíduos que não conseguiram até então compreender a importância desses avanços para a melhoria da sociedade na qual estão inseridos. Dessa forma, esses indivíduos que não dominaram ainda a cultura científica e tecnológica atual, mas que está associada aos novos dispositivos que aprenderam a manipular, tornam-se nessas circunstâncias meros usuários da tecnologia, porém alheios a uma maior compreensão do mundo em que vivem, visualizando-o através de um olhar míope. Isso permite inferir que tais indivíduos não consigam perceber as nuances da ciência envolvida nesses processos e, portanto, não consigam identificar sua real importância nesse contexto.

Por outro lado, autores como Izquierdo (2000), argumentam que, para uns, a ciência corre o perigo de se converter num dogmatismo opressor, que rechaçam e criticam; para outros, de chegar a ser a grande desconhecida da maior parte da população, que valoriza cada vez mais a mudança, as pseudociências ou as superstições. Nesses argumentos do autor, é possível estabelecermos que exista uma relação direta e estreita entre ciência e tecnologia, uma relação nem sempre com limites bem delimitados, mas com indícios de que a tecnologia possa contribuir na perspectiva de aproximar a escola do mundo moderno e da compreensão dos processos produtivos inerentes a ele.

Assim, pode ser esclarecida uma interpretação discutível que tem ocorrido sobre a relação entre ciência e tecnologia, que para algumas pessoas, onde incluímos os professores, apresente-se apenas como uma mera aplicação da ciência, como pode ser constatada inclusive em documentos oficiais (RICARDO, CUSTÓDIO e REZENDE JUNIOR, 2006). Sobre esse aspecto da ciência e tecnologia, autores como Fourez ressaltam que:

A ideologia dominante dos professores é que as tecnologias são aplicações das ciências. Quando as tecnologias são assim apresentadas, é como se uma vez compreendidas as ciências, as tecnologias seguissem automaticamente. E isto, em que pese na maior parte do tempo, a construção de uma tecnologia implica em considerações sociais, econômicas e culturais que vão muito além de uma aplicação das ciências (FOUREZ, 2003, p. 111).

Embora essa não seja uma constatação nova, conforme já apontado por autores e documentos oficiais nas últimas décadas, deveríamos ser capazes de desenvolver competências básicas na escola que permitissem ao estudante a sua formação enquanto cidadão, munindo-o de elementos que o tornem capaz de exercitar sua cidadania de forma consciente.

Assim, conhecer a ciência, a forma como ela se desenvolveu e as consequências desse desenvolvimento na sociedade atual, seria algo imprescindível e uma questão de sobrevivência não somente do ser humano enquanto indivíduo, mas também da sociedade a qual ele está inserido.

A partir desse aspecto, esses mesmos indivíduos e a sociedade a qual fazem parte poderiam, mais tarde, ter elementos que garantissem certa soberania em relação a outras nações em termos econômicos, sociais, políticos e culturais e, ao mesmo tempo, levar a um reconhecimento de igualdade entre seus indivíduos (DEMO, 2002).

É diante de tais constatações que reafirmamos a importância de promover uma real mudança no currículo escolar, focalizando essas mudanças no desenvolvimento de habilidades, competências e enculturação científica dos estudantes desde a Educação Básica e, em particular, no Ensino Médio, e no componente curricular física, conforme apontam os PCN+:

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 (BRASIL, 2002, p. 229).

Dessa forma, espera-se que os estudantes possam ter instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade, além de construir uma visão da física que esteja efetivamente engajada para a formação de um cidadão contemporâneo e atuante na sociedade da informação e da tecnologia, conforme destacam os PCN+ (2002).

No entanto, apesar dessas recomendações explícitas nos documentos oficiais e na literatura em geral acerca do tema, quando focalizamos os conhecimentos produzidos por meio dos avanços científicos e tecnológicos e os identificamos no local propício para tal difusão que seria a escola, percebemos que são praticamente inexistentes nesse local, evidenciando que o ensino de ciências ainda não tem contribuído de forma significativa para a formação de nossos estudantes e, portanto, de indivíduos prontos para uma nação que almeja a contemporaneidade.

Isso pode ser observado em alguns estudos e avaliações, como o PISA² (Programa Internacional de Avaliação de Estudantes), que tem demonstrado que a escola brasileira, de uma forma geral, tem certificado estudantes mal informados e, acima de tudo, mal formados em leitura, matemática e ciências.

Diante disso, esses estudantes não conseguem, em sua maioria, enquadrar-se como cidadãos efetivamente participativos e críticos na sociedade da qual fazem parte, sendo, portanto, frutos de um modelo³ de cultura escolar baseada, muitas vezes, na simples transmissão e aquisição de conhecimentos, sem que os mesmos tenham qualquer significado para eles.

Logo, é compreensível assimilar o motivo de estudantes não se posicionarem de forma contundente perante discussões que envolvam temas da atualidade, como o uso das tecnologias sem fio, dentre elas, o bluetooth, suas vantagens e desvantagens em comparação a outras formas de transmissão de dados. Podemos citar ainda a comodidade das telas touchscreen capacitivas presentes em smartphones e tablets, que permitem aos seus usuários a administração de milhares de bits de informação nas pontas dos dedos. Identificamos ainda a ausência de um posicionamento adequado dessas pessoas frente à escolha de um televisor quando se dispõe de muitas

² O PISA é uma iniciativa internacional de avaliação comparada, aplicada a estudantes na faixa dos 15 anos, idade em que se pressupõe o término da escolaridade básica obrigatória na maioria dos países. O programa é desenvolvido e coordenado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Em cada país participante há uma coordenação nacional. No Brasil, o PISA é coordenado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). O objetivo do PISA é produzir indicadores que contribuam para a discussão da qualidade da educação nos países participantes, de modo a subsidiar políticas de melhoria do ensino básico. A avaliação procura verificar até que ponto as escolas de cada país participante estão preparando seus jovens para exercer o papel de cidadãos na sociedade contemporânea. Nos resultados oficiais do último PISA, divulgados em dezembro do ano de 2013, referente ao ano de 2012, entre os 65 países comparados, o Brasil ficou em 58º lugar em matemática, 55º em leitura e 59º em ciências. Disponível em: < <http://www.oecd.org/brazil/PISA-2012-results-brazil.pdf>>. Acesso em 21 maio 2014.

³ O modelo a que nos referimos é o modelo tradicional, centrado na educação como um processo de transmissão e aquisição de conhecimentos, favorecendo uma aprendizagem mecânica e bancária, segundo Freire (1969). Entretanto, entendemos que o modelo tradicional tenha sua relevância histórica e cultural no interior do processo educacional, mas não deve ser tido como único modelo, como destaca Contreras (2002), “*a modificação substancial de uma prática profissional raramente é conseguida com um curso em que se transmite, simplesmente, as novas teorias sejam os conteúdos específicos, sejam as metodologias a serem aplicadas na sala de aula*” (p. 35).

características que devem ser analisadas, dentre elas, a qualidade de imagem, resolução da tela e taxa de atualização, número de entradas USB e HDMI disponíveis, existência de conversor digital interno, ou ainda, a tecnologia empregada na confecção da tela (LCD, Plasma ou LED).

Constatamos que tais elementos estão cada vez mais inseridos em nossa sociedade e já alcançaram muitas residências, em diferentes camadas socioeconômicas da população. Por que então não levar tais temas para a escola? Ou seja, por que não promover situações, discussões e atividades em geral que promovam a possibilidade de inserção desses assuntos nas aulas de ciências no Ensino Fundamental e, particularmente, de física no Ensino Médio?

Em decorrência disso, percebemos que a ausência desses conteúdos nas aulas de ciências, embora não sejam os únicos, tem contribuído para a falta de posicionamento dos estudantes ou maior compreensão dos fatos que ocorrem ao seu redor, reforçando a visão de meros espectadores. Logo, tal ausência, ou ainda, negligência dos currículos escolares, acaba contribuindo para que professores, estudantes e gestores não percebam ou visualizem nos exemplos citados um verdadeiro problema a ser enfrentado, afinal o suposto problema não tem se constituído como um verdadeiro problema para os estudantes.

Quando ampliamos essa discussão, voltando-nos para a população em geral, percebemos que os cidadãos que a constituem e que passaram anteriormente pela escola e pelo modelo tradicional de ensino, também, em muitos casos, continuam alheios a essas discussões. Portanto, também não compreenderam ainda o real papel da ciência e das tecnologias na sociedade contemporânea em que vivem.

Seria esperado que a população compreendesse a importância da ciência, e como os conhecimentos produzidos por ela contribuíram de forma significativa para o desenvolvimento e respectivo avanço da humanidade. Porém, para que isso ocorresse, seria necessário que tivessem um nível de esclarecimento e discernimento suficientes para perceber, entender e julgar as novidades científico-tecnológicas a que tem acesso.

Tais aspectos suscitam a visão de autores como Chassot (2003), Lemke (2006) e Sasseron (2008), que apontam, diante disso, para a questão da alfabetização científica e, portanto, a constituição de uma sociedade com indivíduos considerados alfabetizados cientificamente, que consigam atuar de forma crítica e veemente sobre ela e em benefício dela. Sobre isso, Chassot destaca que:

[...] seria desejável que os alfabetizados cientificamente não apenas tivessem facilitada a leitura do mundo em que vivem, mas entendessem as necessidades de transformá-lo – e, preferencialmente, transformá-lo em algo melhor. Tenho sido recorrente na defesa da exigência de que com a ciência melhoramos a vida do planeta, e não torná-la mais perigosa, como ocorre, às vezes, com maus usos de algumas tecnologias (CHASSOT, 2003, p. 94).

É diante de tais constatações e provocações que estudos relacionados à reformulação dos currículos de ciências têm contribuído na identificação das reais necessidades dessa inovação e atualização, produzindo pesquisas que já se acumulam na literatura internacional da área (HARGREAVES, 1998; STANNARD, 1990; KALMUS, 1992; SWINBANK, 1992; CACHAPUZ et al., 2005).

Dentre as reais necessidades apontadas por esses diversos autores, destacamos aquelas em que os professores necessitam, de forma urgente, adequar suas práticas para que as mesmas possam acompanhar as mudanças⁴ social, política, econômica e científica que vem acontecendo cada vez mais em ritmo acelerado e que, cedo ou tarde, chegam ao ambiente escolar.

Outros estudos, por exemplo, além de introduzir inovações nos currículos escolares, visam a avaliar o seu impacto após a sua efetiva implementação, considerando, para isso, a sua aplicação ao longo de um período determinado previamente (PINTÓ, 2005), permitindo uma análise mais minuciosa acerca desse processo e as correspondentes dificuldades em relação a sua implementação. Na literatura, essa abordagem é conhecida como Teaching Learning Sequences⁵ (TLS).

Quanto ao currículo de física, autores nacionais têm se dedicado a estudos focalizados em aspectos distintos desse currículo, porém complementares: alguns relacionados à implementação de novos conteúdos no currículo da escola média (TERRAZZAN, 1994; MOREIRA e VALADARES, 1998; PINTO e ZANETIC, 1999), outros relacionados às experiências bem sucedidas com temas da FMC e que foram transpostos para as aulas de física do Ensino Médio (BROCKINGTON, 2005; KARAM, 2005; SIQUEIRA, 2006; SOUSA, 2009; NICOLAU, 2014), além de estudos

⁴ Não é a toa que na história da educação em ciências exista um enorme número de iniciativas que se constituíram em movimentos de amplas reformas curriculares. Dentre elas, podemos citar aquelas que ocorreram principalmente na década de 1960 e que ficou conhecida na literatura da área de ensino de ciências como a “era dos projetos” (ALVES-FILHO, 2000), por englobar a proposição de projetos de ensino como, por exemplo, o Physical Science Study Committee (PSSC), dentre outros.

⁵ A TLS corresponde a uma sequência de ensino e aprendizagem e que procura a união entre o desenvolvimento das concepções dos alunos e consequente replanejamento das sequências de atividades sobre temas específicos. De uma forma geral, uma TLS apresenta uma duração de poucas semanas e exige um processo de didatização dos saberes envolvidos, de forma a adequá-los ao sistema didático.

sobre a formação de professores e os fatores condicionantes à implementação das inovações na escola média (OSTERMANN E MOREIRA, 2000; PIETROCOLA, 2010; POTENZA, 2011; SIQUEIRA, 2012; SHINOMIYA, 2013).

Para isso, os autores têm se apoiado em argumentos que vão desde a possibilidade de estabelecer uma visão mais apropriada e aprofundada da natureza e da realidade, até o despertar para a curiosidade científica dos estudantes, contribuindo para a melhoria de suas atitudes frente à ciência. Também procuram destacar em seus estudos, uma atenção maior para as dificuldades de aprendizagem de temas da FMC e que, segundo eles, não são tão diferentes das usualmente enfrentadas com conteúdos da chamada Física Clássica.

Ainda sobre a necessidade da inovação no currículo, autores como Gil-Perez et al. (1987) argumentam que a inserção da FMC parece criar uma ocasião privilegiada para apresentar o desenvolvimento científico, mostrando como a ciência se desenvolveu, além de contribuir para uma visão menos distorcida e dogmatizada da própria ciência e da forma como os cientistas fazem ciência.

Assim, os estudantes ao terem um contato com esses novos conteúdos, podem ter condições de exercitar reflexões que contribuam para um maior entendimento do papel da ciência em suas vidas, tornando-os cidadãos mais conscientes e participativos na sociedade, pois, dessa forma, poderão *“participar de decisões que as sociedades devem adotar em torno de problemas sócio-científicos e sócio-tecnológicos cada vez mais complexos”* (CACHAPUZ et al., 2005, p.25).

Apesar dos esforços, ainda é pequeno o número de propostas que efetivamente tem levado tópicos de FMC para as escolas do Ensino Básico. Logo, seria importante um investimento mais intenso na introdução desses tópicos no Ensino Médio, verificando resultados de sua inserção em termos de ensino e aprendizagem de conceitos, em condições reais de sala de aula.

Convém destacar que, atualmente, alguns projetos têm se debruçado na verificação da introdução e do respectivo impacto das inovações curriculares em ciências no ambiente escolar. Contudo, tais verificações demandam um estudo em médio prazo (PINTÓ, 2005; PINTÓ, COUSO e GUTIERREZ, 2005; PIETROCOLA, 2010).

Todavia, apesar das propostas citadas mostrarem, em parte, ter superado os obstáculos encontrados nas implementações referentes à inovação curricular, sejam eles

didáticos, epistemológicos ou de outra natureza, no que se refere à formação dos professores temos encontrado na literatura poucos trabalhos que analisaram os professores inseridos no contexto da inovação curricular.

Os trabalhos identificados têm focalizado predominantemente o processo da sua implementação ao longo do tempo (DAVIS, 2003; PINTÓ, 2005; PIETROCOLA, 2010; NICOLAU et al., 2011; SIQUEIRA, 2012). Entretanto, parece haver um consenso de que é necessário criar cursos de formação continuada de professores que trabalhem com temas da FMC, pois tais conteúdos, muitas vezes, não foram trabalhados na formação inicial de muitos professores de física do Ensino Médio.

Contudo, ao analisar a necessidade de investimento na formação dos professores surge um questionamento intrínseco quanto aos seus propósitos finais, ou seja, será que ministrar cursos de formação continuada na perspectiva da inovação curricular é suficiente para obter êxito na inserção de novos conteúdos de física nas escolas?

Outras perguntas ainda podem ser feitas: quem garante que a formação propiciada aos professores será perpetuada no ambiente escolar e exercitada principalmente nas aulas de física do Ensino Médio? Como saber se os conteúdos trabalhados pelo professor na escola foram didatizados de forma adequada, contemplando seu projeto de ensino? Quais escolhas, envolvendo novos conteúdos e novas metodologias, foram realizadas pelo professor no momento de inserir a FMC em suas aulas? Quais fatores pesaram em suas escolhas?

Conforme aponta Siqueira (2012), podemos dizer que esses pontos merecem uma atenção maior, pois parecem existir alguns aspectos como pensamentos, concepções e crenças do professor, muitas vezes, ocultos em sua prática, que o fazem ter êxito em suas escolhas e, mais adiante, sucesso na aplicação de propostas de inovação curricular no ambiente escolar.

Nesse cenário, novamente creditamos ao professor uma posição de destaque, pois ao resolver implementar inovações na sala de aula, geralmente recebe um material didático, transforma-o e adapta-o da melhor maneira possível para que este esteja ao alcance dos estudantes, a partir de suas intenções didáticas e suas expectativas de aprendizagem presentes em seu projeto de ensino.

Ressaltamos, entretanto, que a transformação feita pelo professor sofre influência de diversos fatores, dentre eles, os projetos escolares e sistemas de ensino, mais ainda, de seus próprios valores e crenças, como destaca Rocha (2011) em um estudo sobre as

crenças de autoeficácia⁶ de professores de física relacionadas à FMC. Assim, sua motivação, suas concepções de ciência e de ensino, conflitos pessoais e profissionais, além das concepções quanto ao que ensinar, a forma de problematizar e contextualizar situações nas aulas de ciências, acabam sendo incorporados no momento em que o professor, de fato, leva o conteúdo físico para sala de aula.

Isso remete ao estudo de uma epistemologia sobre o trabalho docente, uma vez que as concepções de ciência que os professores possuem têm implicações diretas no modo de ensinar e, se assim é, torna-se necessário criar espaços e tempos para que esse professor possa refletir, discutir, confrontar, aprofundar as suas próprias concepções e daí retirar indicações, orientações e ensinamentos quanto às estratégias, métodos e procedimentos que adotará no trabalho (GIL-PÉREZ et al., 2001).

Tais constatações quanto à importância e relevância das questões metodológicas na formação docente e como isso se reflete no trabalho em sala de aula, tem levado outros pesquisadores a apontarem que os avanços no ensino das ciências serão limitados enquanto a educação em ciência for deixada aos professores ou a cargo de formadores de professores, sem bases teóricas adequadas e com uma desvalorização do papel da reflexão acerca do processo. Sobre isso, autores como Pais, destacam que:

A partir dessa visão, entendemos a *epistemologia do professor* como sendo as concepções referentes à disciplina com que trabalha esse professor, oriundas do plano estrito de sua compreensão e que conduzem uma parte essencial de sua postura pedagógica, em relação ao entendimento dos conceitos ensinados aos alunos (PAIS, 2010, p. 34).

Dessa forma, as inovações no currículo de ciência acabam esbarrando em muitas situações na figura do professor, seja devido a sua formação, por vezes, deficitária, seja pela sua própria epistemologia.

Assim, é imprescindível considerar no momento da implementação de propostas inovadoras o papel central e relevante do professor no interior desse complexo processo,

⁶ Nesse estudo, o autor apresenta um instrumento de medida das crenças de autoeficácia dos professores de física a respeito de seu trabalho com a FMC. Para isso, desenvolve um instrumento constituído de um questionário composto de 21 itens, construído em uma escala Likert, e que é aplicado a um conjunto de 78 professores de Física para a aferição dos seus níveis de crenças de autoeficácia no ensino e de crenças de autoeficácia pessoal. Em seguida, através do processo de validação apresentado por Silveira (1993), o autor obtém indícios de que o instrumento em questão é adequado para avaliar as crenças de autoeficácia no ensino e as crenças de autoeficácia pessoal dos professores de física com relação à FMC.

afinal os professores tem ideias, atitudes, comportamentos, valores e crenças que não podem ser deixados de lado quando se almeja implementar uma inovação curricular na sala de aula, ainda mais no contexto da inserção da FMC.

Segundo Fagundes (1999 *apud* Siqueira, 2012, p. 26), muitas propostas de inovações trazem arraigadas consigo a figura de um professor ideal, desconsiderando, em sua maioria, a figura do professor real. Dessa forma, tais propostas já surgem fadadas ao fracasso ou a um processo de implementação deficitário e inadequado. Logo, reflexões sobre a formação de professores de ciências, principalmente dos professores de física, no momento de planejar uma inovação curricular, merecem, portanto, um maior cuidado e, acima de tudo, estudos mais minuciosos.

Outros estudos, entretanto, procuraram analisar a formação e o desenvolvimento profissional dos professores em diferentes âmbitos e circunstâncias. Tais estudos têm indicado falhas no processo de formação docente inicial e continuada e, ao mesmo tempo, apontado para possíveis soluções que minimizem essas fragilidades na formação de professores. Dentre eles, destacamos:

- reflexões sobre a prática e a formação inicial de professores de ciências e de física (FERREIRA e VILLANI, 2002; PORLÁN, 2002; REZENDE JUNIOR, 2006; POTENZA, 2011; CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2014);
- discussões sobre a pesquisa-docência e a emergente necessidade de formação de professores-pesquisadores (DEMO, 1990; ANDRÉ, 2001; RODRIGUES e CARVALHO, 2002; PACCA, 2008);
- identificação das dificuldades e gerenciamento de questões didático-pedagógicas relacionadas à implementação de inovações no ambiente escolar (DAVIS, 2003; AUGUSTO e CALDEIRA, 2007; PIETROCOLA, 2010; RODRIGUES e ABIB, 2010);
- formação de professores reflexivos, autônomos e autores (NÓVOA, 1991 e 1995; ZEICHNER, 1993; SCHÖN, 2000; CONTRERAS, 2002; PACCA, 2007; PIMENTA e GHEDIN, 2010; DEMO, 2011; TOTI e PIERSON, 2012).

Dessas reflexões e estudos, percebe-se que existe um consenso na necessidade de se privilegiar a formação de profissionais capazes de refletirem de forma crítica sobre a própria prática, instituindo uma possível maneira de fomentar um processo contínuo de aprimoramento das práticas docentes.

Diante dessas impressões, constata-se que seria de suma importância uma análise do professor no contexto da inovação curricular, de forma a investigar, por exemplo, suas escolhas, os motivos que o levaram a essa tomada de decisão, bem como as consequências que tais escolhas trouxeram para a implementação no ambiente escolar.

Buscamos, na verdade, com esses questionamentos, delimitar as características ou aspectos relevantes que possam contribuir de forma direta ou indireta, ou, ainda, que se tornem obstáculos na prática do professor, no momento da inserção de novos conteúdos na escola, particularmente, aqueles relacionados à FMC, ou, até mesmo, da participação voluntária em propostas de atualização e inovação curriculares.

A partir das pesquisas sobre o professor desenvolvidas na última década, algumas delas indicam a necessidade de uma formação adequada do professor em termos do conteúdo específico e de uma formação didático-pedagógica geral para a inserção da FMC nos programas escolares (CAVALCANTE e TAVOLARO, 2001; OSTERMANN e MOREIRA, 2000; CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2001).

Entretanto, essas mesmas pesquisas indicam que não é somente isso. Segundo Carvalho e Gil-Pérez (2001), o professor precisa conhecer em profundidade o conhecimento físico e a teoria por trás dele, saber como ela foi construída, passar pelos processos de sua construção, incorporá-la em sua plenitude, para depois discutir como ela pode ser transposta para outro nível de ensino.

Desse modo, acreditamos que o saber fazer, embora essencial, pode torna-se um ponto que gere certo conflito com a prática cotidiana do professor. Isso possivelmente venha a ocorrer devido às características da FMC, características essas que exigem uma abordagem diferente daquela que habitualmente é encontrada na sala de aula e que são, muitas vezes, empregadas nos conteúdos clássicos pelo professor de física.

Diante disso, é necessário levar o professor ao exercício de uma reflexão sobre suas concepções, crenças, valores e percepções acerca do ensino de ciências, e fazê-lo compreender o real significado da problematização e da contextualização no ensino de física, bem como o emprego da situação-problema como uma forma possível de levar os

estudantes à formulação de outros problemas e à busca de respostas para os problemas anteriormente levantados.

Através dessa opção metodológica, pode-se evitar, por exemplo, a manutenção do círculo vicioso, ainda comum nas salas de aula e em diversas disciplinas, de fornecer respostas a perguntas que não foram feitas pelos estudantes, conforme Popper (1974) já havia apontado quando destaca que os problemas científicos não são naturais para os estudantes.

A partir dos pontos levantados, convém destacarmos que alguns autores (PIETROCOLA, 2010; LAWALL et al., 2010; SIQUEIRA, 2012; SHINOMIYA, 2013), partindo das ideias sobre os obstáculos epistemológicos e didáticos de Bachelard e Astolfi, os saberes docentes de Tardif e a Transposição Didática dos saberes de Chevallard, destacaram em suas pesquisas aspectos relacionados com a formação docente no contexto da inovação.

Contudo, essas pesquisas não tiveram como objetivo central um delineamento e maior detalhamento quanto à didatização dos saberes realizada pelos professores, após o término da formação continuada e, portanto, no retorno às atividades no ambiente escolar de origem.

Diante dessa constatação, inferimos que a pergunta geral apresentada no capítulo anterior se torna ainda mais instigante nesse contexto, no qual não temos ainda na literatura da área respostas claras quanto a esses aspectos.

Por essas razões, elegemos os referenciais teóricos necessários para dar um entendimento à pergunta formulada, procurando desenvolver uma pesquisa que possa contribuir para a compreensão do complexo processo de inovação e atualização curricular em ciências e, em especial, na maneira como isso pode afetar diretamente os cursos de formação de professores, particularmente, aqueles voltados à formação continuada.

Até esse momento, as questões sobre a formação docente têm permeado, em muitas ocasiões, os pontos que procuramos levantar. Dessa forma, apresentamos, a seguir, alguns aspectos da formação dos professores da Educação Básica e, em particular, as características dos principais modelos empregados nas modalidades de formação inicial e continuada.

2.3 - Aspectos da formação docente na Educação Básica

É fato que a formação de professores tem se constituído atualmente em um campo de destaque no cenário da educação brasileira, embora em anos anteriores tenha assumido uma posição secundária na ordem das prioridades educacionais, caracterizado por um processo de desvalorização da profissão e marcado pela consolidação da tutela político-estatal sobre o professorado, como aponta Pimenta (2002).

Esse cenário fomentou na área educacional e seus pesquisadores a possibilidade de estudos sobre questões de grande relevância nesse contexto, dentre elas, aquelas relacionadas à natureza dos cursos de formação docente, seus reais objetivos e os modelos teóricos mais empregados nessa formação, tanto em âmbito nacional, quanto no âmbito internacional.

Em virtude disso, um vasto material sobre a formação docente foi produzido, favorecendo uma maior compreensão acerca da profissão, seus saberes docentes, do perfil profissional mais desejado frente às novas demandas do século XXI, dentre outros aspectos. A partir desses estudos foi possível identificarmos em seus autores, ao menos, três linhas de pesquisa que mobilizaram discussões acerca da estrutura dos cursos de formação de professores e a emergente continuidade desses estudos após o período de formação inicial.

De forma geral, as abordagens e objetivos⁷ identificados foram os seguintes:

- compreender de forma mais geral os modelos teóricos empregados na formação docente inicial e continuada (SCHÖN, 1987; NÓVOA, 2002; PERRENOUD, 2002; TARDIF, 2002; BENINCÁ, 2004; BEHRENS, 2006; FELDMANN, 2009; SANTOS, 2014), procurando possíveis aproximações e distanciamentos;
- verificar de forma objetiva como se deu o emprego dos modelos de formação de professores, em comparação aos investimentos e políticas públicas voltadas a educação (FREIRE, 1996; GIROUX, 1997; CARVALHO, 2005; DIAS, 2012);

⁷ Em verdade, os objetivos apontados podem ser desmembrados em objetivos ainda mais específicos. Por uma questão didática, optamos por organizá-los em função da proximidade das discussões que seus autores realizam.

- verificar se os modelos de formação têm contribuído de forma significativa, em termos de amparo teórico e prático, para que professores da Educação Básica possam enfrentar as condições adversas muitas vezes encontradas no exercício de suas práticas docentes⁸ na escola e, ao mesmo tempo, agreguem à sua prática o exercício da pesquisa (DEMO, 1990 e 1996; ANDRÉ, 2001; LIBÂNEO, 2004; GATTI, 2009; FRANCO, 2012).

Embora existam diferenças notórias entre os objetivos traçados nesses estudos, identificamos uma hipótese comum que permeia suas ideias e que vem recebendo apoio da comunidade de pesquisadores, instituições de formação, gestores de políticas educacionais voltadas à formação docente e dos próprios professores formadores de professores.

Essa hipótese está alicerçada na expectativa de que a formação docente possa e deva contribuir de forma significativa para o desenvolvimento profissional docente e, conseqüentemente, contribua também para a melhoria da sua prática. Atrelado a isso, credita-se também uma possível alteração nos aspectos do processo de ensino-aprendizagem nas escolas, visando, principalmente, um salto em termos de qualidade.

Assim, inferimos que diante das enormes expectativas depositadas sobre a formação docente tenhamos, em decorrência delas, uma ressignificação do papel do professor no interior do processo educacional, de modo que isso contribua para o atendimento às novas demandas as quais a escola tem sido cobrada nos últimos tempos, principalmente em relação ao sentido dos saberes que lá se encontram e sua real importância ao currículo vigente.

Diante disso, ao pensarmos na implementação da inovação curricular no âmbito da escola básica devemos, além de tudo, colocar em prática o exercício profundo de reflexão a respeito de qual seria o papel do professor nesse novo contexto, trazendo para a discussão o tipo de modelo de formação mais adequado a esse propósito.

Autores como Demo (1996) trazem em seus trabalhos argumentos que corroboram essa ideia, como destacamos a seguir:

⁸ Na literatura encontramos autores como Franco (2012) que identificam diferenças entre o que denominamos de prática docente e prática pedagógica. Segundo a autora, nem toda prática docente é uma prática pedagógica, entretanto, uma prática docente se torna uma prática pedagógica quando identificamos nela uma intencionalidade prevista para sua ação. Dessa forma, no escopo da tese, optamos simplesmente pela denominação de prática docente, pois creditamos ao professor no ambiente escolar uma intrínseca intencionalidade.

Para encarar as competências modernas, inovadoras e humanizadoras, [o educador] deve impreterivelmente saber reconstruir conhecimentos e colocá-lo a serviço da cidadania. Assim, professor será quem, sabendo reconstruir conhecimento com qualidade formal e política, orienta o aluno no mesmo caminho. A diferença entre professor e aluno, em termos didáticos, é apenas fase de desenvolvimento, já que ambos fazem estritamente a mesma coisa. Neste sentido, o professor não será mais profissional de ensino, mas da educação, pois o primeiro tende a ser instrução, treinamento, domesticação, enquanto a segunda busca a ambiência emancipatória (DEMO, 1996, p. 273).

Nessa perspectiva, pesquisas têm procurado analisar os modelos teóricos⁹ empregados na formação docente, tanto inicial quanto continuada, além das políticas e práticas desenvolvidas nesse processo (NÓVOA, 2002; TARDIF, 2002; BEHRENS, 2006; FELDMANN, 2009; DIAS, 2012; SANTOS, 2014), comparando resultados de pesquisas e avaliações realizadas no Brasil e em outros países do mundo, bem como os impactos ocasionados nas escolas através da implementação de políticas públicas¹⁰ voltadas a educação e, finalmente, seu reflexo direto na qualidade do ensino ofertado no sistema educacional.

Na literatura específica da área, por exemplo, esses mesmos trabalhos têm apontado que a questão sobre a formação docente passou a ganhar maior interesse no Brasil em meados da década de 1990, onde temos concomitantemente o aparecimento de estratégias políticas nacionais de educação e discussões voltadas à questão central da formação docente¹¹ em confronto direto com a qualidade do ensino.

⁹ Foram identificadas nessas pesquisas sobre formação inicial e continuada do professor pelos autores citados a existência de três modelos básicos de formação docente: o modelo da racionalidade técnica, o modelo crítico e o modelo híbrido. Em particular, o modelo da racionalidade técnica desconsidera a ação reflexiva e crítica do professor, sua trajetória profissional e todo e qualquer processo de reconstrução social, uma vez que os aspectos curriculares e os saberes já foram delimitados por outras instâncias participantes do processo educacional. Em oposição a esse modelo temos o modelo crítico que procura, entre outras coisas, a valorização dos conhecimentos práticos do professor e das dimensões política e social do trabalho docente. O modelo híbrido trabalha na perspectiva de interseção do modelo da racionalidade técnica e do modelo crítico.

¹⁰ A partir de 2004 foi criado pelo Ministério da Educação a Rede Nacional de Formação Continuada de Professores com o objetivo de contribuir para a melhoria da formação dos professores e alunos. O público-alvo prioritário da rede são professores de Educação Básica dos sistemas públicos de educação. As instituições de ensino superior públicas, federais e estaduais que integram essa Rede Nacional de Formação de professores, produzem materiais de orientação para cursos à distância e semipresenciais, com carga horária de 120 horas. Dessa forma, elas atuam em rede para atender às necessidades e demandas do Plano de Ações Articuladas (PAR) dos sistemas de ensino. Dentre as áreas de formação contemplada nesse programa temos: alfabetização e linguagem, educação matemática e científica, ensino de ciências humanas e sociais, artes e educação física. Nesse caso, o Ministério da Educação oferece suporte técnico e financeiro e tem o papel de coordenador do desenvolvimento do programa, que é implementado por adesão, em regime de colaboração, pelos estados, municípios e Distrito Federal.

¹¹ A década de 1990 ficou denominada por muitos estudiosos como a *década da educação*, onde a formação de professores ganhou uma importância enorme em função das reformas educativas, principalmente a partir da promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB 9394/96, que alicerçava as reformas políticas do país. Nesse período o Governo Federal apresentou incentivo financeiro às escolas públicas, culminando com a criação do sistema Nacional de Educação a Distância, que tinha entre outros objetivos, a intenção de facilitar ao professor o acesso à formação continuada.

Algumas dessas políticas foram decorrentes de compromissos assumidos pelo Estado Brasileiro com organismos internacionais como a UNESCO¹², além de movimentos no próprio meio acadêmico reivindicando, entre outras coisas, uma escola pública de excelência e que se adequasse às novas demandas da sociedade e do mundo contemporâneo.

É nesse período também que ocorrem as construções e proliferações de programas e projetos específicos voltados à formação de professores da Educação Básica nos vários âmbitos da União, Estados e Municípios. Tudo isso acabou contribuindo ainda mais para incrementar acaloradas discussões quanto ao modelo ideal de formação docente durante e após a formação inicial, conforme observamos em Santos:

O reconhecido esforço intelectual de compreensão dessa dimensão da Educação pode ser aquilatado pela força que ganhou uma ideia, e que passou a permear o debate acadêmico e a orientar políticas: a formação é prática que se verifica ao longo da vida. Ao longo da vida, porque aprendemos a todo momento e em função das necessidades de cada contexto. A formação é, portanto, ação continuada e permanente (SANTOS, 2014, p. 16).

A autora ainda destaca que a partir dos estudos realizados nesse período em diversos locais do mundo, a formação docente passou a ser colocada em outro patamar de preocupação nas políticas educacionais de vários países.

No entanto, no Brasil, essas discussões acabaram convergindo para um debate sobre a resignificação quanto à prática docente e o perfil adequado ao professor da Educação Básica brasileiro, revertendo-se, mais tarde, em políticas centradas na formação inicial e, posteriormente, continuada desses professores.

Além disso, Santos (2014) aponta que as questões de pesquisa sobre a formação dos professores acabaram mais adiante, contribuindo com elementos para uma efetivação das reformas pretendidas no campo educacional pelos órgãos governamentais de diversas localidades em seus respectivos períodos de vigência. Para isso, basearam-se em documentos oficiais, dentre eles, a LDB¹³, encontrando nesses documentos o

¹² Conferência Mundial da UNESCO (1990) em Jomtiem, Tailândia, onde foram tratados diversos temas sobre educação, resultando o documento “Declaração Mundial sobre Educação para Todos: satisfação das necessidades básicas de aprendizagem”. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000862/086291por.pdf>>. Acesso em 21 maio 2014.

¹³ BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro 1996. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília, 1996.

amparo legal para o convencimento das necessidades emergenciais de revisão da formação docente.

Entretanto, Santos (2014) ainda ressalta que essa mesma preocupação em relação à formação do professor, e possível melhoria do ensino através do emprego de novas políticas educacionais de formação, também contribuiu para que fosse realizado um levantamento das questões e dos aspectos positivos e negativos em relação ao professor¹⁴ e seu perfil atual.

A esse respeito, convém apontarmos a promoção dos chamados “cursos de capacitação” que deveriam ser ofertados aos professores do segmento da Educação Básica, uma vez que recaia sobre seus ombros o mérito pelo fracasso do sistema educacional atual, além do crédito em relação aos baixos resultados e índices que a escola pública vinha obtendo em avaliações, nos âmbitos nacional e internacional.

Todavia, a partir desses olhares e dos trabalhos que se desenvolveram em decorrência dos resultados obtidos quanto à formação docente em relação à qualidade do ensino, quatro premissas¹⁵, segundo Santos (2014), apareceram como desencadeadoras e estruturadoras da elaboração de cursos de formação de professores da Educação Básica em todo o Brasil, principalmente na modalidade continuada.

Esses cursos, em sua maioria, procuravam atender às políticas públicas e aos interesses políticos em vigência no período, buscando, por exemplo, uma *fórmula mágica* que revertesse o aparente insucesso no sistema educacional público.

Quanto às premissas apontadas por Santos (2014), estas podem ser colocadas da seguinte forma:

- **1ª premissa:** melhoria da qualidade do ensino, considerando a partir desse momento o professor como um dos protagonistas do processo e a possibilidade do profissional da educação aprender a desenvolver e inserir projetos em suas práticas, contemplando-o em seu próprio projeto de ensino;

¹⁴ Segundo Demo (1990), os professores, via de regra, são vistos como profissionais despreparados, sem capacidade de gerir autonomamente os próprios saberes e que, infelizmente, não enxergam a importância da pesquisa para a valorização da sua formação e profissão.

¹⁵ Todas essas premissas tiveram um amparo legal em documentos oficiais como a LDB 9394/96, PNE 2001, FUNDEB e portaria 1403/2003.

- **2ª premissa:** a defesa da sua qualificação profissional, principalmente considerando que o professor necessitaria adequar-se às transformações científicas e tecnológicas requisitadas pela nova sociedade vigente, ou seja, uma sociedade baseada no conhecimento e no emprego da tecnologia;
- **3ª premissa:** a percepção e reconhecimento da dimensão epistemológica da formação docente, ou seja, a necessidade do professor exercitar a reflexão sobre a sua própria prática docente, pois possivelmente tal reflexão pudesse conduzi-lo a uma reinvenção e ressignificação da sua própria prática no novo contexto exigido para a escola;
- **4ª premissa:** a valorização do magistério e, conseqüentemente, favorecimento à profissionalização dos docentes e dos núcleos formadores de professores, ideias essas em consonância com aquelas apresentadas por Nóvoa (2002).

Tais premissas mobilizaram ainda mais os pesquisadores a uma reflexão sobre os modelos teóricos de formação até então empregados e sua real eficácia, além de uma avaliação mais contundente da forma como deveria se dar a formação de um professor de modo que ele tivesse condições suficientes, teóricas e práticas, de enfrentar os novos desafios que diante dele se desenhavam, ou como Feldmann (2010) ainda afirma, “[...] *professores com qualidade social e compromisso político de transformação*” (p. 71), principalmente após sua formação inicial.

Em decorrência desse cenário se acentuaram nas últimas décadas estudos a respeito dos modelos teóricos de formação de professores. Dentre esses estudos citamos os trabalhos de Perrenoud (2002), que permitiram apontar orientações básicas sobre a formação dos professores, dentre elas, a existência de uma transposição didática baseada na análise das práticas e em suas transformações, uma articulação maior entre teoria e prática e uma aprendizagem baseada, por exemplo, em problemas¹⁶.

¹⁶ Essa metodologia ficou conhecida como Aprendizado Baseado em Problemas (Problem Based Learning - PBL). Nessa metodologia o aprendizado passa a ser centralizado no estudante. Dessa forma, ele modifica sua presença no interior do processo, passando de um papel de mero receptor, para o de agente e principal responsável pelo seu aprendizado.

Tais estudos centraram-se na busca por um modelo de formação docente que viesse atender as novas demandas da escola dos séculos XX e XXI e que, acima de tudo, permitisse ao professor municiar-se de instrumentos teóricos e metodológicos de forma a ter condições e, porque não falar, competências, para o enfrentamento da sala de aula no contexto de uma sociedade contemporânea e cada vez mais alicerçada no emprego da tecnologia.

Esses novos modelos teóricos de formação docente trouxeram consigo a tese de que deveria existir uma maior intersecção entre os aspectos teóricos da formação e consequente valorização da prática, com atos reflexivos sobre ela (ZEICHNER, 1993; SCHÖN, 2000; TARDIF, 2000; PERRENOUD, 2002), contribuindo para uma alteração nos modelos tradicionais¹⁷.

Essa eminente necessidade pela mudança é constatada também em outros trabalhos da área (MARRIM, 1995; MIZUKAMI e REALI, 1996; CANDAU, 1996 e 1997; FELDMANN, 2009) que reafirmaram, entre outras coisas, haver uma discrepância nítida entre a teoria e a prática, o que tem favorecido, segundo seus autores, a manutenção desses modelos de formação tradicionais.

Sobre esse aspecto, autores como Feldmann (2009) destacam as complicações que esse tipo de formação tem trazido para a formação inadequada dos professores:

[...] com uma desvinculação entre a teoria e a prática, cria-se um obstáculo na concretização de uma prática pedagógica inovadora, vista não como repetidora de modelos e padrões cristalizados, mas como uma prática que traga em si a possibilidade de uma ação dialógica e emancipadora do mundo e das pessoas (FELDMANN, 2009, p. 75).

Entretanto, no que tange a formação continuada, um aspecto importante referente a esses mesmos estudos está relacionado ao tratamento dado à parte pedagógica que, em muitas ocasiões, é considerada um simples espaço de operacionalização de uma teoria ou modelo, muitas vezes, desvinculado das condições de sua produção e tendo o professor no papel de mero consumidor, aplicador, ou ainda, repetidor de práticas curriculares e de técnicas de ensino consagradas nos centros de formação.

¹⁷ Devemos notar também que no modelo tradicional de formação docente, que perdura até hoje, a organização curricular dos cursos de formação se dá, em sua maioria, aglutinando disciplinas técnico-científicas com disciplinas didático-pedagógicas. Esse formato tradicional ficou conhecido como “modelo 3+1”, ou seja, três anos de bacharelado mais um ano de formação pedagógica, acrescida de um estágio supervisionado, que corresponderia à licenciatura.

Esses estudos ainda têm apontado que nessas situações é comum a existência de um modelo de formação baseada quase que exclusivamente na racionalidade técnica, o que conforme já foi apontado não propicia condições adequadas ao professor para o exercício reflexivo da sua própria prática, portanto, um modelo ultrapassado e inadequado frente às necessidades atuais da escola e do mundo contemporâneo.

Quanto a isso, autores como Perrenoud (2002) e Tardif (2002) apontam nessa direção, ou seja, o emprego de um modelo de formação docente que valorize aquilo que a formação tradicional não tem valorizado, a saber, um olhar reflexivo sobre a prática, colocando-a como um dos elementos norteadores da formação, porém, não o único.

Entretanto, os mesmos autores apontam para um cuidado minucioso na escolha do modelo de formação, visto que não existe um modelo ideal. Outro aspecto que destacam é que a escolha por um modelo de valorização da prática poderia levar, mais tarde, a uma visão distorcida e, quem sabe, a uma armadilha. Isso, porque se poderia centrar em uma inadequada valorização da prática em detrimento dos aspectos teóricos curriculares e outras questões pedagógicas, também importantes nesse contexto.

Dessa forma, guardadas as devidas comparações, seus aspectos positivos e negativos, alguns autores (MARRIM, 1995; MIZUKAMI e REALI, 1996; CANDAU, 1996 e 1997; FELDMANN, 2009) concluem quanto à inexistência de um modelo teórico ideal de formação, sendo unânimes em reafirmar que a formação inicial e continuada deveria possuir elementos desencadeadores de mudança na prática pedagógica do professor, promovendo atitudes de reflexão e de engajamentos para que as mudanças pretendidas pudessem, finalmente, ser colocadas em prática e não acabassem fadadas a meros discursos utópicos.

Em virtude disso, encontramos em alguns autores (ZEICHNER, 1993; DEMAILLY, 1992; NÓVOA, 1992 e 2002), discussões acerca dos modelos teóricos de formação de professores e, em particular, os modelos de formação continuada. Em seus trabalhos, eles têm sinalizado que existem alguns paradigmas que já estão consolidados ao longo do tempo e enraizados fortemente aos modelos tradicionais de formação, afetando a formação dos professores, uma vez que esses modelos privilegiam determinados aspectos da formação em detrimento de outros.

Argumentos que reforçam essa visão podem ser encontrados em autores como Demo (1996) e Nóvoa (1992 e 2002). Eles trazem contribuições que reforçam as expectativas e objetivos relacionados às mudanças e reformulações esperadas na escola

média, tal como concebemos, principalmente quanto à necessidade da inovação curricular aliada à reconstrução dos saberes, e outras necessidades que a escola contemporânea tem eminentemente solicitado em termos de conteúdos e práticas.

Nóvoa (2002), por exemplo, estabelece a possibilidade de um modelo teórico com caráter construtivista centrado em três eixos estratégicos que, segundo ele, seriam necessários e imprescindíveis à formação de todo professor para exercer sua atividade profissional nos séculos XX e XXI, pois, juntos, favoreceriam o protagonismo do professor e da escola na condução das mudanças educativas esperadas.

Os três eixos apontados pelo autor são os seguintes:

- **Primeiro eixo:** centralizado no desenvolvimento pessoal do professor, uma vez que tal aspecto age diretamente na reflexividade crítica sobre a prática e a reconstrução da identidade pessoal;
- **Segundo eixo:** centrado no desenvolvimento profissional e, portanto, na valorização dos saberes que são produzidos pelo professor durante o exercício profissional;
- **Terceiro eixo:** centrado na construção de projetos educativos que viabilizem a mudança dos contextos institucionais.

Encontramos novamente em Perrenoud (2002) aspectos que referendam e apoiam os eixos destacados por Nóvoa (2002). Sobre isso, o autor complementa essa lista com duas ideias que, em princípio, não têm correlação com as competências, contudo, mantêm uma relação direta com as posturas fundamentais e necessárias a todo professor nos dias atuais, sendo elas a prática reflexiva e aspectos de uma postura crítica, como destaca a seguir:

A prática reflexiva porque, nas sociedades em transformação, a capacidade de inovar, negociar e regular a prática é decisiva. Ela passa por uma reflexão sobre a experiência, favorecendo a construção de novos saberes. A implicação crítica porque as sociedades precisam que os professores envolvam-se no debate político sobre a educação, na escala dos estabelecimentos escolares, das regiões e do país. Esse debate não se refere apenas aos desafios corporativos ou sindicais, mas também às finalidades e aos programas escolares, à

democratização da cultura, à gestão do sistema educacional, ao lugar dos usuários, etc (PERRENOUD, 2002, p. 15).

A partir disso, verificamos uma ressonância entre os aspectos destacados pelos autores, particularmente quanto à impossibilidade de manutenção do modelo teórico de formação tradicional e, portanto, a necessidade de busca por um modelo que inclua na formação docente aspectos que até então foram pouco valorizados ou, simplesmente, excluídos.

Tal modelo também deveria contemplar, além de maior coesão entre teoria e prática, a ação reflexiva sobre a prática, além de estratégias para sua efetivação no ambiente escolar sob um acompanhamento adequado. Com isso, teoria e prática estariam em um mesmo plano, contribuindo para que o professor se engajasse nas mudanças a ele apresentadas, mudanças essas não somente em termos de práticas, mas também nas metodologias empregadas, sendo, portanto, a inovação curricular um possível desencadeador e motivador das mudanças pretendidas.

Portanto, diante dos pontos levantados, o modelo mais indicado seria aquele baseado em uma dimensão híbrida, ou seja, com mesclas das características de diferentes modelos. Tal opção metodológica recebe apoio nos trabalhos de Shön (1987), Miranda (2001), Zeichner (2003), Vitiritti (2006), dentre outros.

Dessa forma, seria possível, segundo Vitiritti (2006) e Azevedo (2008) amenizar a expressiva desvinculação entre teoria e prática, indo ao encontro aos eixos destacados por Nóvoa (2002) e às ideias de Perrenoud (2002) e Tardif (2002), fornecendo uma formação adequada ao professor para que ele consiga estabelecer prioridades e realize escolhas de forma consciente, criteriosa e pedagógica, em conformidade com seu projeto de ensino e as reais necessidades que lhe são apresentadas no ambiente escolar real, em oposição aos ambientes idealizados e meramente operacionais que se desenhavam nos modelos de formação idealizados.

Assim, até esse momento, procuramos destacar alguns aspectos acerca dos modelos teóricos de formação docente na Educação Básica, modelos estes empregados tanto na formação inicial quanto continuada. Em relação aos cursos de formação continuada, autores como Apple (1986) enfatizam o uso do modelo tecnicista, mas advertem quanto à postura do professor diante de tal situação, afirmando que a ele seja dada a oportunidade de se expressar e de libertar-se da autoridade dos discursos dos outros.

Ainda sobre a formação continuada, Nunes (2000) identifica as principais características que tem tornado essa modalidade de formação ineficiente frente ao que se esperava dela. Dentre essas características, destacam-se: a desconsideração das experiências e conhecimentos acumulados pelos professores ao longo do tempo; a indisponibilidade de instrumentos eficazes de avaliações das ações já desenvolvidas; a realização da formação fora do local de trabalho; critérios para motivação dos professores, em sua maioria, baseados na possibilidade de progressão na carreira, elementos obviamente importantes, mas não únicos; formação limitada no tempo e sem integração a um sistema permanente.

A partir das características levantadas sobre os modelos teóricos de formação tradicional, percebe-se pouca atenção quanto às dimensões da reflexão e da inovação curricular, embora aceitemos que esses elementos possam, eventualmente, ser incorporados ao modelo tradicional. Contudo, para que isso ocorresse seria necessário que o professor, em algum momento, tivesse a percepção da necessidade dessas dimensões para uma mudança em sua própria prática.

Portanto, seria almejado um modelo teórico estruturado nas reflexões expostas anteriormente, porém contemplando as peculiaridades apontadas. Com isso, acreditamos que através desse modelo, os professores pudessem desenvolver características mais próximas daquelas esperadas na atualidade, e não somente baseada em elementos prescritivos e de repetição como vem acontecendo há muito tempo, ou como Perrenoud destaca:

Isso se complica ainda mais pelo fato de que vários cursos de formação inicial estão baseados mais em uma visão prescritiva da profissão do que em uma análise precisa de sua realidade. Naturalmente, nada nos obriga a adaptar a formação inicial à realidade atual de uma profissão. A formação não tem nenhum motivo para abordar apenas a reprodução, pois deve antecipar as transformações. Logo, para fazer as práticas evoluírem, é importante descrever as condições e as limitações do trabalho real dos professores. Essa é a base de toda estratégia de inovação (PERRENOUD, 2002, p. 17).

Ressaltamos, porém, que embora esse modelo teórico, também idealizado, possa parecer utópico, não temos motivos para pessimismos. Pelo contrário, acreditamos que discussões como essas possam continuar a semear outras discussões e servir, acima de tudo, como elementos fomentadores de reflexões sobre a formação ideal dos

professores, principalmente nas instituições responsáveis por sua formação e entre os profissionais que por ela se responsabilizam.

As discussões apresentadas até o momento, embora sejam feitas em âmbito geral aos professores da Educação Básica, quando transpostas para a formação dos professores de ciências e, em particular de física, mostram que a situação não é diferente ou menos alarmante.

Pesquisas sobre a formação de professores de física em âmbito nacional (CARVALHO, 2006; BORGES, 2006; PACCA, 2008; SAUERWEIN e DELIZOICOV, 2009; RODRIGUES e ABIB, 2010) têm demonstrado que os mesmos problemas estão presentes na formação desses professores, sendo ampliados os seus efeitos em algumas circunstâncias pelo déficit crescente de professores de física formados e que efetivamente acabam chegando às escolas para lecionar.

Todavia, essas mesmas pesquisas convergem para a ideia de que as discrepâncias ocorridas entre a teoria e a prática necessitam ser sanadas, ou, ao menos, amenizadas, principalmente através de intervenções e reestruturações dos cursos de formação inicial e continuada de professores de física, procurando adaptá-los a uma nova concepção de ensino e, portanto, a uma nova formação e processo de formação, oriundos de alterações ocorridas no interior dos cursos de formação nas universidades.

Diante disso, vários grupos de pesquisa em diversas instituições no Brasil e também no mundo, têm apontado que tais mudanças podem ser implementadas mediante um processo de reorganização e reestruturação dos currículos atuais e de sua deliberada renovação através do emprego de inovações curriculares, estruturadas com o objetivo de possibilitar aos professores um exercício reflexivo sobre uma nova concepção de ensino de ciências e, em especial, da física.

CAPÍTULO 3

A TEORIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E A TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO

3.1 - Introdução

No âmbito educacional diversas questões têm despertado grande interesse dos pesquisadores da área. Dentre elas, localizamos aquelas que têm procurado estabelecer as relações entre os saberes¹, suas referências e como eles são levados até a escola, ou seja, por quais caminhos e obstáculos esses saberes atravessaram até que sejam efetivamente implementados no ambiente escolar.

Ao considerarmos o ensino de ciências e, particularmente, a física, isso não tem sido diferente. Afinal, a relação entre a física que é levada para a sala de aula e, portanto, aos estudantes, em comparação com a física desenvolvida por cientistas e pesquisadores nas universidades e institutos de pesquisa, apresentam claramente diferenças, configurando saberes com finalidades e percursos distintos.

Assim, é possível reconhecermos que um saber para ser transmitido às gerações futuras deve passar por seleções, sofrendo em seguida adaptações, transformações e modificações de forma a torná-lo compreensível, antes de ser apresentado ao ambiente escolar. Essas adaptações, transformações e modificações que os saberes acabam sofrendo, sugerem-nos um processo de transposição contínuo e, parte dele, deve ser mediado pelo professor durante sua prática no interior da instituição a qual está inserido.

Isso é necessário de forma a garantir minimamente que após esse processo de didatização possam, finalmente, esses saberes serem inseridos no contexto escolar e

¹ Na área de Educação, encontramos estudos e trabalhos que procuram estabelecer uma distinção entre *saber* e *conhecimento*, dentre eles, Brousseau (1988), Chevallard et al. (2001), Geraldi (2003) e Pais (2010). Por exemplo, Chevallard et al. (2001), destacam que um saber (ou saberes) é um sistema de conhecimentos que se relaciona com algo que queremos aprender mais profundamente, e que nos possibilita responder questões concernentes a determinada realidade. Pais (2010), afirma que enquanto o saber está relacionado ao plano histórico da produção de uma área disciplinar, o conhecimento é considerado mais próximo do fenômeno da cognição, estando submetido aos vínculos da dimensão pessoal do sujeito empenhado na compreensão de um saber. Brousseau (1988) faz uma distinção entre conhecimento e saber, evidenciando a dimensão da utilidade e lembrando que essa análise torna-se mais clara através da sua teoria das situações didáticas (BROUSSEAU, 1986). Apesar das colocações dos autores e dessas possíveis distinções, optamos em nosso trabalho por utilizar os termos *saber* e *conhecimento* de forma indistinta, acreditando que isso não traga maiores prejuízos à compreensão da ideia central do trabalho que é a verificação das trajetórias dos saberes entre instituições.

tenham a perspectiva de um nível de aceitação adequado, tanto por parte dos professores quanto dos estudantes, o que pode dar indícios de uma permanência nesse contexto no decorrer do seu uso ao longo do tempo².

No contexto particular do ensino de física, e pensando na realização de uma inovação curricular através de novos conteúdos, as adaptações promovidas exigem cuidados maiores ainda, principalmente em relação aos assuntos, ideias, conceitos e construções que não se encontram, muitas vezes, no mundo concreto, exigindo, por exemplo, a utilização de outras aptidões dos estudantes, como o emprego da imaginação científica³.

Tudo isso, deve demandar dos professores durante o processo de transposição desses novos conteúdos para a sala de aula, a atenção destacada, porém nem sempre observada, principalmente em relação aos saberes que ele possa vir a utilizar como sua referência, no momento em que se propõe a atuar diretamente no fenômeno de didatização que se encontra em constante movimento, ainda que nem sempre perceptível.

Diante disso, acabamos voltando nossa atenção para uma das questões apresentadas no capítulo inicial, ou seja, aquela referente à *versão autorizada* que o professor se utiliza na preparação de suas aulas ou de suas sequências didáticas, particularmente no contexto da inovação curricular. Isso pode ser posto da seguinte maneira: qual é o saber a ensinar que ele, professor, passa a reconhecer como sendo de referência para que possa realizar o fenômeno de didatização?

Tais questionamentos podem sugerir aos pesquisadores da área e, quem sabe, ao professor, pontos que mereçam uma reflexão. Um deles está relacionado ao processo de transposição ao qual o professor está inserido, e que segundo nossa visão, o professor deveria reconhecer, pois assim teria oportunidade de atuação mais concreta dentro desse processo.

O outro, relacionado ao emprego de novas metodologias e estratégias diversificadas que possam se tornar capazes de agir sobre os saberes a ensinar, transformando-os efetivamente em saberes escolarizáveis, conforme as expectativas de

² Tal aspecto pode ser observado em relação ao uso dos livros didáticos, onde algumas obras acabaram ao longo do tempo caindo na graça de professores e estudantes devido à maneira como foram organizadas e seus reais objetivos, sendo um deles, certamente, a preparação para os vestibulares e demais processos de seleção.

³ Autores como Gurgel e Pietrocola (2011) apresentam uma discussão sobre o uso da imaginação científica, considerando um enfoque histórico-epistemológico, citando, como exemplo, a construção do conhecimento através da visão de Albert Einstein. Para isso, defendem que esse tipo de abordagem, onde o tema da imaginação é uma função do pensamento, permite a apreensão do real.

ensino-aprendizagem do professor e seu projeto de ensino. Dentre as metodologias e estratégias possíveis, destacamos a necessidade do exercício de um processo de reflexão e didatização contínuos por parte dos professores.

Argumentos favoráveis nessa linha podem ser observados em documentos oficiais, como as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCNEB):

Compreender o que são os conhecimentos escolares faz-se relevante para os profissionais da educação, pois permite concluir que os ensinados nas escolas não constituem cópias dos saberes e conhecimentos socialmente produzidos. Por esse motivo, não faz sentido pensar em inserir, nas salas de aula, os saberes e as práticas tal como funcionam em seus contextos de origem. Para se tornarem conhecimentos escolares, os conhecimentos e saberes de referência passam por processos de descontextualização e recontextualização (BRASIL, 2013, p. 182).

Entretanto, no contexto de inserção de novos conteúdos, outras preocupações acabam se constituindo. Dentre elas, o fato do conhecimento e emprego de novas metodologias e práticas, principalmente em decorrência da tentativa em tornar um saber mais compreensível.

Diante disso, e refletindo sobre as situações de inovação curricular, têm-se a possibilidade de apresentar ao professor novas metodologias, estratégias e práticas, esperadas, por exemplo, em cursos de formação continuada. Pois, assim, o professor poderá usufruir de estratégias que possam ser incorporados às suas práticas já existentes, permitindo a ele o exercício efetivo da sua autonomia, conforme já destacamos no capítulo 2. Todavia, conhecidas e reconhecidas as novas metodologias, estratégias e práticas pelo professor no local onde se deu, por exemplo, sua formação continuada, estas devem ser agora transpostas por ele para o seu ambiente de trabalho, ou seja, a escola.

Logo, cabe também a ele colocar em prática o processo de didatização das metodologias, práticas e, fundamentalmente, os saberes, de um contexto para outro, mais particularmente, o da sala de aula e, preferencialmente, de forma consciente, embora reconhecidamente isso nem sempre se dê dessa maneira conforme os estudos têm apontado.

Assumindo que é nesse momento onde temos a possibilidade de identificação das chamadas *praxeologias*⁴ que o professor pode transpor, a partir do curso de formação

⁴ Sobre as *praxeologias* e as *instituições*, seus significados e usos, estes serão discutidos ainda neste capítulo.

continuada que realizou visando modificações no cenário da sala de aula, tem-se, portanto, um momento privilegiado.

Por tais peculiaridades, esse momento assume um grau de importância bastante elevado, sendo, portanto, passível de um estudo. Isso, porque acreditamos que a partir desse estudo seja possível contribuirmos para um maior delineamento e, por conseguinte, melhoria dos modelos de cursos de formação docente, tanto na formação inicial quanto na formação continuada, e que objetivem a inovação curricular na escola.

Além disso, acreditamos que também possamos contribuir com a área em relação a como se dá o processo de didatização em situações nesse contexto, os fatores que influenciam esse processo e o posicionamento esperado do professor diante desse desafio, adequando e/ou colocando em evidência as lacunas e desvios presentes em sua formação e nos cursos responsáveis por ela.

Frente à questão dos saberes, seu processo de didatização, o papel do professor frente a isso, as organizações praxeológicas que são transpostas pelo professor entre instituições no momento em que realiza um curso de formação continuada na perspectiva da inovação curricular utilizando, por exemplo, a FMC, encontramos na Teoria da Transposição Didática e na Teoria Antropológica do Didático, ambas de Yves Chevallard, os referenciais teóricos que permitem responder às questões que apresentamos no capítulo inicial.

A seguir, destacamos as ideias presentes em cada uma dessas teorias e como elas ajudaram na busca pelas respostas às questões propostas neste trabalho. Iniciamos com a apresentação da Teoria da Transposição Didática para, em seguida, apresentar a Teoria Antropológica do Didático.

Por uma questão didática, iniciamos justamente com a Teoria da Transposição Didática, uma vez que ela já nos é familiar desde os estudos realizados no mestrado. Além do mais, optamos por seguir a cronologia do seu autor, Yves Chevallard, visto que a Teoria Antropológica do Didático é uma consequente ampliação do conceito de transposição didática como veremos mais adiante.

3.2 - A Teoria da Transposição Didática (TTD)

A noção da necessidade de algum tipo de adaptação dos saberes quando se trata de ensiná-los pode ser considerada, de certa forma, unânime no ambiente escolar e acadêmico, como aponta Gimeno-Sacristán:

A ideia de que existe um conhecimento escolar característico não é certamente nova. Precisamente, uma das razões de ser do saber-fazer pedagógico tem sido a de propiciar a elaboração da cultura transmissível para que seja assimilável por determinados receptores, desde que Comenius pensou a didática como a arte de ensinar todas as coisas a todos (GIMENO-SACRISTÁN, 1996, p. 42).

É diante da necessidade de entendimento desses processos de adaptação e transformação dos saberes, tornando-os ensináveis e aptos a serem levados para o ambiente escolar, que surge o conceito de transposição didática.

Esse conceito foi proposto inicialmente pelo sociólogo francês Michel Verret⁵, em 1975, sendo usado no ano de 1980 por Yves Chevallard em parceria com Marie-Alberte Joshua, em um trabalho intitulado *Um exemplo de análise da transposição didática*⁶, no qual o objetivo era analisar e discutir em um estudo de caso as transformações ocorridas na noção matemática de distância, conforme destacam Astolfi e Develay:

Eles examinaram as transformações sofridas por este conceito entre o momento de sua introdução em 1906, por Fréchet, no “saber sábio”, e o momento de sua introdução em 1971 nos programas de geometria da sétima série, em relação com a reta. Analisaram as modificações de seu estatuto teórico ao longo desses anos, à medida que ia sendo retomado pelos círculos de pensamento intermediários entre a pesquisa e o ensino (ASTOLFI e DEVELAY, 2002, p. 48).

A partir desse trabalho, Chevallard começa a empregar o conceito de transposição didática, estruturando-o de forma que mais adiante se tornasse uma teoria bastante conhecida. Primeiramente, na área da Didática da Matemática e, posteriormente, em outras áreas do conhecimento com diversas aplicações, como em biologia, física, música, ensino de língua estrangeira e outras.

⁵ Michel Verret introduziu o termo transposição didática em sua tese *Le Temps des Études*, defendida em 1975, na França. Em seu trabalho propõe-se fazer um estudo sociológico da distribuição do tempo das atividades escolares, visando contribuir para a compreensão das funções sociais dos estudantes.

⁶ CHEVALLARD, Y., JOSHUA, M. A. Un exemple de la transposition didactique: la notion de distance. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v.3, n. 1, p. 159-239, La Pensée Sauvage Editions, 1982.

No ano de 1985, Chevallard publica a obra *La Transposition Didactique: du savoir savant au savoir enseigné*⁷, obra que teve grande repercussões no cenário acadêmico⁸. Nela, seu autor, procura expor os principais conceitos de sua teoria, dentre eles, o sistema didático, sistema de ensino, noosfera e a própria noção de transposição didática, dando, portanto, um corpo estrutural àquilo que mais tarde denominaria de Teoria da Transposição Didática.

Embora a obra tenha recebido diversas considerações e elogios da academia, e tenha trazido uma luz sobre o real motivo em se realizar a didatização dos saberes, críticas e polêmicas também surgiram, as quais motivaram Chevallard a publicar no ano de 1991 uma segunda edição com a inclusão de um posfácio.

Nesse posfácio procurou responder às críticas levantadas, principalmente aquelas relacionadas aos saberes de referência e às áreas do conhecimento onde a TTD poderia ser empregada com mais êxito, pois segundo seus críticos ela teria grande potencial de aplicação apenas nas áreas onde os saberes de referência estivessem bem delimitados, como exemplo, a própria matemática. De fato, os trabalhos de Chevallard se situaram inicialmente no campo da Didática das Matemáticas e se propõe a analisar os saberes inseridos nos sistemas didáticos.

Para Chevallard (1991) o objeto da Didática da Matemática é o sistema didático e, mais amplamente, o sistema de ensino. Segundo ele, o sistema didático é constituído por três elementos: o professor, os alunos e o saber. Sobre isso, o autor destaca:

Concretamente, os *sistemas didáticos* são formações que aparecem a cada ano (...): ao redor de um saber (designado ordinariamente pelo programa) se forma um contrato didático que torna esse saber como objeto de um projeto compartilhado de ensino e aprendizagem e que une em um mesmo ambiente docentes e estudantes (CHEVALLARD, 1991, p. 26-27, grifo nosso).

Para representar o sistema didático, Chevallard (1991) utiliza o esquema (Figura 1) a seguir, no qual utiliza P para designar o professor, E para designar os estudantes e S para designar um saber a ensinar:

⁷ A obra ao ser editada na língua espanhola passou a apresentar o seguinte título: *La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Na literatura em língua portuguesa, entretanto, seu título passou a ser: *A Transposição Didática: do saber sábio ao saber ensinado*.

⁸ Mais adiante, apresentaremos as críticas feitas à TTD, destacando os aspectos positivos e negativos presentes nesse referencial segundo pesquisadores da área e dessa teoria.

Figura 1 - Representação do Sistema Didático (CHEVALLARD, 1991, p. 26).

Em seguida, Chevallard estabelece um elemento que denomina de entorno. Sobre ele, o autor ressalta que:

O entorno de um sistema didático está constituído inicialmente pelo sistema de ensino, que reúne o conjunto de sistemas didáticos e tem ao seu lado um conjunto diversificado de dispositivos estruturais que permitem o seu funcionamento didático e que intervém em diversos níveis, inclusive aqueles de regulação do fluxo de estudantes entre os sistemas didáticos, assegurando a formação de um conjunto de sistemas didáticos viáveis (CHEVALLARD, 1991, p. 27).

Dessa forma, existe na periferia do sistema de ensino uma instância essencial ao funcionamento didático, chamada por Chevallard de noosfera. Nessa instância, ocorre a interação entre o sistema didático *stricto sensu* e a sociedade em geral. Também considera que é nela onde se estabelecem os conflitos, as negociações, as decisões que interferem diretamente nos sistemas didáticos, servindo a TTD como fio condutor do processo de transposição.

Nessa instância ainda temos a presença de pais, pesquisadores, representantes dos professores e do sistema de ensino, entre outros, cada um com suas expectativas, visões de mundo e de educação. Isso permite acrescentarmos que o entorno é caracterizado como um elemento de grande complexidade e que pode influenciar nos saberes que serão selecionados e, mais tarde, didatizados.

Para representar esse entorno, a noosfera e o sistema de ensino, Chevallard (1991) utiliza o esquema a seguir (Figura 2), no qual procura evidenciar a relação existente entre esses elementos:

Figura 2 - Entorno, noosfera e sistema de ensino (CHEVALLARD, 1991, p. 28).

Para que o sistema de ensino seja possível, Chevallard ressalta que deve haver uma compatibilização deste com os ambientes que o envolvem. No que se refere ao saber, essa compatibilização deve ser tal que não pareça tão distante do saber de referência, o que poderia afetar a sua legitimidade, enquanto que, por outro lado, deve ser tal que não seja tão próxima do saber do senso comum, pois isso poderia levar a uma banalização do próprio saber.

No sistema didático o saber é um dos elementos incorporados à tríade, professor, estudante e saber. Entretanto, qual seria esse saber e quais as relações do saber que chega aos estudantes como saberes escolarizáveis com o saber considerado de referência? É diante de tais questões que, segundo Chevallard, cabe à didática a apresentação de uma resposta.

O conceito de transposição didática remete então ao estudo da passagem do saber sábio ao saber a ensinar, admitindo, inicialmente, uma obrigatória distância entre eles, sendo assim, tomado como uma teoria. Apontamos, porém, que seu estudo refere-se à descrição e explicação dos fenômenos de transformação dos saberes desde a sua produção até o seu ensino (BOSCH e GASCÓN, 2005).

A partir das discussões apresentadas e baseando-nos nas ideias presentes na TTD, podemos considerá-la como uma ferramenta analítica que permite ao didata explorar com maior precisão seu objeto de estudo, verificando que os objetos do saber não correspondem simplesmente a meras simplificações, mas sim, transformações que os saberes sofreram diante de uma intencionalidade didática manifestada pelo professor nesse contexto.

Além disso, Chevallard (1991) assinala que a transposição didática, enquanto teoria, materializa-se como:

[...] uma ferramenta que permite recapitular, 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).

Marandino (2004) destaca também outro elemento importante e presente na TTD em relação aos saberes, aquilo que ela denomina de multilocalização. Essa ideia pode ser colocada, segundo o próprio Chevallard, da seguinte maneira:

[...] um saber dado S se encontra em diversos tipos de instituição I, que são para ele, em termos de ecologia dos saberes, respectivos *habitats* diferentes. Desse modo o saber ocupa regularmente *nichos* muito diferentes, logo as relações entre os saberes e as instituições também são diversas. Correlativamente, a maneira que os agentes da instituição vão “manipular” esse saber será variável (CHEVALLARD, 1991, p. 153-154).

Outros autores como Anhorn (2003), aprofundam essa discussão apontando que:

Chevallard insiste que o termo transposição deve ser apreendido no sentido de reconstrução, recriação de saberes, ações necessárias quando ocorre a mudança de *habitus* ou esferas de problematização, isto é, quando os saberes mudam, são transpostos de um tipo de instituição de saber a outro (ANHORN, 2003, p. 40).

Tais reflexões sobre os aspectos dos saberes e seu processo de didatização através da TTD sugerem um olhar para o professor e sua prática, principalmente diante dos saberes que ele pretende transpor para a sala de aula com certa intencionalidade. Quanto a isso, autores como Brockington, já sinalizam a esse respeito:

Analisar a evolução do saber que se encontra na sala de aula através da Transposição Didática possibilita uma fundamentação teórica para uma prática pedagógica mais reflexiva e questionadora. Para Chevallard isso equivale à capacidade, e necessidade constante, do professor exercer uma vigilância epistemológica em seu magistério (BROCKINGTON, 2005, p. 88).

Dessa forma, ao considerar a existência da transposição didática e ao procurar desvendá-la, o saber passa a ser encarado como um problema para a didática, na verdade, um bom problema, avançando para além das questões do ensino-aprendizagem e da relação professor-aluno.

Em nosso entendimento, esse é um aspecto importante da contribuição de Chevallard para a área da educação, pois problematiza a questão do saber, trazendo-a para o campo da didática, que passa a se preocupar com saberes específicos, como é o caso do saber físico. Na visão de Chevallard (1991) “[...] *todo projeto social de ensino e de aprendizagem se constitui dialeticamente com a identificação e a designação de conteúdos de saberes como conteúdos de saberes a ensinar*” (p. 39).

De posse dessa constatação é que o autor identifica esse processo de passagem de uma forma de saber à outra, por meio de transformações adaptativas, empregando na literatura o termo que se tornou consagrado e denominado como transposição didática:

Um conteúdo de saber que tendo sido designado como saber a ensinar, sofre a partir de então um conjunto de transformações adaptativas que vão torná-lo apto a ocupar um lugar dentre os objetos de ensino. O “trabalho” que transforma um objeto de saber a ensinar em um objeto de ensino, é denominado de *transposição didática* (CHEVALLARD, 1991, p. 45, destaque nosso).

Ainda que o termo transposição didática possa não transparecer o seu real significado em uma primeira análise, quando arrastado de um contexto a outro, o próprio Chevallard o caracteriza como “adaptação”, o que traz um sentido de algo novo, de uma transformação epistemológica do objeto de saber que poderá, assim, ser considerado nesse novo contexto como uma verdadeira criação didática.

Chevallard emprega termos bem específicos nas discussões presentes em sua TTD. Isso é uma característica particular de sua autoria e forma de escrita. Por exemplo, denomina de *Transposição Didática Stricto Sensu* à passagem de um conteúdo do saber a uma versão didatizada desse objeto, mas reafirma que o estudo da transposição didática supõe considerá-la no sentido amplo, de acordo com o esquema (Figura 3) a seguir:

Figura 3 - Processo de didatização de um saber.

Em relação aos objetos representados no esquema acima, valem as seguintes correspondências: saber sábio (objeto de saber), saber a ensinar (objeto a ensinar) e

saber ensinado (objeto de ensino), onde um objeto de saber só é introduzido no sistema didático se ele for considerado útil à economia do sistema didático, o que não significa que, uma vez estabelecido como objeto a ensinar, não sofra outras transposições.

3.3 - Caracterizando os saberes presentes na TTD

Pretendemos, neste ponto do trabalho, fazer uma caracterização dos diferentes níveis do saber aos quais Chevallard (1991) se refere em sua obra, apresentando suas particularidades no interior da TTD.

Para isso, apontamos suas diferenças e o nível de hierarquização desses níveis de saber no interior da noosfera. Em seguida, apresentamos os elementos que, segundo o autor, podem garantir a sobrevivência dos saberes didatizados no ambiente escolar. Finalmente, são discutidas as regras da transposição consideradas por Astolfi et al. (1997) nesse contexto.

3.3.1 - Saber sábio⁹

O saber sábio pode ser considerado na TTD como o resultado do trabalho de uma comunidade composta, principalmente, por cientistas e pesquisadores que constroem aquilo que poderia ser denominado de conhecimento científico.

No sentido mais amplo, esse saber seria considerado como o saber de referência, sendo que o acesso a ele de forma a torná-lo público ocorre através das publicações próprias, em revistas e periódicos científicos, ou ainda, nos congressos e eventos específicos de cada área do conhecimento.

Todavia, para compreendermos um pouco mais sobre a construção do saber sábio é importante diferenciarmos o momento da produção desse saber e o momento em que ele se torna público. Para diferenciá-los, optamos por descrever em linhas gerais o trabalho de um cientista na procura da solução de um problema.

A partir da questão levantada, o cientista realiza um processo de introversão ou dialoga com seus pares, percorrendo caminhos de raciocínio na busca por uma solução para o problema delineado. O espaço no qual ocorre esse processo é denominado de

⁹ Alguns críticos da TTD referem-se também à tradução dos termos do francês, língua original do trabalho de Chevallard, para a língua portuguesa, afirmando que sua tradução prejudicou a compreensão de alguns conceitos. Isso é o que ocorre com a expressão saber sábio que no original em francês seria *savoir savant*, algo como saber de referência ou saber acadêmico. Na tese optamos pelo emprego da expressão saber sábio.

contexto da descoberta, referindo-se a uma das etapas de trabalho dedicado à busca da resposta desejada.

Após ter encontrado uma resposta satisfatória para seu problema, o cientista necessita socializá-la com seus pares e a comunidade científica, fazendo então uso das normas estabelecidas por ela. Esse momento é denominado de contexto da justificação e se concretiza pela elaboração de artigos ou textos para publicação nos periódicos especializados da área. Quanto ao texto produzido, uma análise nos mostra que ele assume uma forma impessoal, sistemática, tendo começo, meio e fim, e que não mostra as idas e vindas, as dúvidas e os conflitos ocorridos no contexto da descoberta.

Autores como Alves-Filho (2000), destacam sobre esse episódio as seguintes considerações:

[...] ocorre uma reconstrução racional, que diferencia o processo como o ser humano (cientista) produziu um determinado saber e como o cientista (ser humano) apresenta-o formalmente a seus pares. Nesta discussão percebemos a existência de dois momentos. Entre um e outro, há um processo de reelaboração racional que elimina elementos emotivos e processuais, valorizando o encadeamento lógico e a neutralidade de sentimentos. Aqui, de certa forma, há uma transposição - não didática - mas, diríamos, científica, caracterizada por uma despersonalização e reformulação do saber (ALVES-FILHO, 2000, p. 224).

Algo importante presente nesse destaque se refere a um aspecto, muitas vezes, negligenciado e que está relacionado ao tempo utilizado na construção do saber sábio, pois temporalmente se passam muitos anos para que um saber sábio seja finalmente aceito e compartilhado entre os participantes de uma comunidade, ou como Chevallard apontaria, em uma mesma instituição; no caso a instituição comunidade científica.

Nesse contexto, podemos considerar que esse tempo gasto para a consolidação do saber sábio denomina-se de tempo real e está estreitamente ligado ao aspecto histórico ao qual foi submetido no processo de construção, enquanto que o saber apresentado nos livros didáticos, por exemplo, obedece a um tempo lógico, não relacionado com o processo de construção do saber.

3.3.2 - Saber a ensinar

É aquele situado entre o saber sábio e o saber ensinado. Corresponde, portanto, à chamada *Transposição Didática Externa* (TDE), pois ela ocorre fora do ambiente

escolar. Isso permite inferir que o processo transformador do saber sábio em saber a ensinar envolve um número de variáveis e de pessoas bem maior do que aquele que ocorre entre o contexto da descoberta e o contexto da justificação.

Em uma primeira análise, vemos que, nesse nível, o saber sofre uma adaptação para uma linguagem mais simples, procurando adequar-se ao ensino e sendo reestruturado de uma forma lógica e, de certa forma, atemporal. Devido a essas características, esse saber pode ser interpretado, de forma errônea, como uma mera simplificação dos objetos complexos que compõem o saber sábio.

Essa interpretação, de certa forma ingênua, permite levar ainda a outras interpretações incorretas nas relações escolares, revelando por parte daqueles que pensam assim o desconhecimento acerca do complexo processo de transformação dos saberes, afinal *“todo projeto social de ensino e aprendizagem se constitui dialeticamente com a identificação e a designação de conteúdos do saber (sábio) como conteúdo a ensinar”* (CHEVALLARD, 1991, p. 39).

Outro aspecto importante é que, nesse nível do saber, os personagens associados são, em sua maioria, professores, autores de livros didáticos e a opinião pública em geral, que através do poder político conseguem influenciar de alguma forma o processo de transformação e escolha do saber a ser ensinado.

Convém ressaltar que os cientistas, mesmo não pertencendo a esse nível, podem também influenciar de maneira indireta, porém significativa, as decisões relativas ao saber que será modificado. Assim, esses grupos não só determinam as transformações, mas também definem os objetos do saber sábio alvos das transformações. Esse jogo de influências e de interesses ocorre no âmbito da noosfera.

Durante esse processo, existem fatores que, segundo Chevallard, modificam a natureza do saber sábio ao transformá-lo em objeto de ensino. Esses fatores estão relacionados aos processos de *dogmatização*, *descontextualização*, *despersonalização*, *desincretização* e a *programabilidade*.

Esses processos, em linhas gerais, podem ser apresentados da seguinte maneira:

- a dogmatização corresponde a um conceito relacionado à ênfase que é dada nos produtos e a exclusão dos processos que lhe deram origem;
- a descontextualização do saber consiste exatamente no desligamento dos problemas que lhe deram sentido. Nesse processo há, inicialmente, um

afastamento, resultante da descontextualização dos significados, para, em seguida, fazer-se uma recontextualização dentro de um novo discurso, um novo texto. No entanto, nesse processo, há algo que permanece descontextualizado, já que não se identifica com o texto do saber, com a rede de problemáticas e de problemas no qual o elemento descontextualizado encontrava-se originalmente, modificando dessa forma seu emprego, ou seja, seu sentido original;

- a despersonalização começa a ocorrer já na sua justificação, ou seja, um saber, na sua origem, está intimamente ligado ao seu produtor. No entanto, devido à necessidade de dar publicidade a esse saber, ele sofre um processo de despersonalização, pois deve ser comunicado numa linguagem própria. O processo de despersonalização supõe que o saber, ao ser apresentado, não revela o processo de produção, como o produtor o trabalhou, mas mostra o produto; o processo de produção desaparece para dar lugar à apresentação do produto. Porém, esse processo é muito mais completo no momento do ensino, pois cumprirá uma função de reprodução e representação do saber sem estar submetido às mesmas exigências da produção;
- a desincretização pode ser tomada como resultado da textualização do saber em que o todo é estruturado em partes. Por esse processo, há uma delimitação do que constitui o campo de saber a ser ensinado;
- A textualização do saber permite a programabilidade da aquisição do saber, definindo o andamento da relação didática, ou seja, o progresso da aprendizagem teria uma relação de coincidência com a estrutura do texto, o que implicaria assumir uma homogeneidade de tempos de aprendizagem.

Essa estruturação em partes apresenta ainda a ideia de uma sequencialidade que acaba sendo transmitida ao processo de ensino-aprendizagem. Todavia, se é verdade que a aprendizagem é sequencial, não necessariamente é verdade que esta coincida com a sequência do texto do saber, pois *“é necessário que o processo de aprendizagem seja sequencial, mas a ordem de aprendizagem não é isomorfa em relação à ordem de*

exposição do saber; a aprendizagem do saber não é um traçado do texto do saber” (CHEVALLARD, 1991, p. 74).

3.3.3 - Saber ensinado

É nessa esfera de saber que ocorre um segundo nível de transposição didática, uma nova adaptação do saber, transformando-o em saber ensinado. Segundo Chevallard, esse processo é denominado de *Transposição Didática Interna* (TDI) e ocorre no espaço escolar, onde o professor acaba assumindo um papel de grande destaque nessa etapa do processo de transposição.

Comparando-se os níveis do saber apresentados, percebemos que o saber ensinado é aquele que chega ao aluno e que já sofreu uma primeira transformação, a da transposição didática externa, e, agora, passa por uma nova transformação, o da transposição didática interna. Assim, é necessária uma adaptação consciente do saber ao tempo didático, cabendo ao professor, através do seu planejamento escolar e projeto de ensino, saber administrar e adequar esse tempo ao tempo de aprendizagem, questão nem sempre respeitada no interior desse processo.

Ressaltamos ainda que a ligação entre o tempo de aprendizagem e o tempo didático se manifesta na sala de aula no momento que o professor orienta o processo de ensino-aprendizagem. Porém, percebemos que os séculos necessários à produção e ao acúmulo do saber sábio devem ser agora ensinados em um limitado período de tempo.

Mais uma vez, é dada ao professor a oportunidade de administrar o tempo de aprendizagem, adaptando-o aos personagens alvos do processo de ensino-aprendizagem, ou seja, os estudantes, com estruturas cognitivas distintas e pertencentes ao contexto escolar, uma vez que o tempo didático pertence à estrutura escolar e é um dos elementos importantes nesse contexto.

É nesse ponto que a transposição didática interna mostra a importância de seu papel, pois justifica o processo transformador dos saberes, ou seja, o saber a ensinar em saber ensinado, permitindo uma melhor adequação ao espaço escolar e ao tempo didático.

Chevallard (1991) destaca, porém, que a aprendizagem não ocorre por acumulação, no qual os novos conhecimentos se juntam aos antigos. Quando chama atenção para a não correspondência dos tempos, na verdade, o autor entende que a

aprendizagem ocorre pela reorganização interna do saber, em um processo no qual temos a reinterpretação de aquisições anteriores e modificação dos significados.

Essa reorganização é diferente da aquisição linear e programada dos saberes, muito comum em sistemas de ensino adotados em diversas escolas do país. Torna-se, portanto, no nível do saber ensinado a criação de artifícios que permitam, acima de tudo, uma diminuição na diferença entre o tempo didático e o tempo real da aprendizagem.

O esquema (Figura 4) abaixo apresenta o processo de transposição didática e os níveis do saber dentro do ambiente da noosfera:

Figura 4 - Representação da Transposição Didática.

3.3.4 - Analisando a sobrevivência do saber

Apresentamos até este momento, a TTD como um instrumento de análise capaz de refazer os caminhos percorridos pelo saber, desde sua origem até chegar efetivamente à sala de aula, destacando, por último, a hierarquização desses níveis de saber.

Entretanto, Chevallard ressalta ao menos cinco características necessárias para que os saberes, frutos de um processo de didatização, possam ter uma chance de sobrevivência no ambiente escolar. São eles, a *consensualidade*, *atualização*, *operacionalidade*, *criatividade didática* e *caráter terapêutico*.

A seguir, destacamos cada um deles e suas características em linhas gerais:

- **1ª característica:** está relacionada à *consensualidade* do saber, ou seja, o saber que vai à sala de aula não pode apresentar dúvidas em relação ao seu status de verdade, mesmo que seja um status momentâneo. Esse aspecto permite que o professor manifeste receio de ensinar algo que a própria ciência não sabe se é verdadeiro, e também para que o estudante não tenha dúvidas sobre se o que está aprendendo é correto ou não do ponto de vista científico;
- **2ª característica:** está relacionada à busca por uma *atualização* do saber, afinal é esperado que o saber que chegue a escola consiga refletir, da melhor maneira possível, o estágio atual de desenvolvimento da ciência. Essa atualização pode se apresentar de duas maneiras: uma relacionada a *atualidade moral*, ligada ao currículo e mostrando se aquele saber que será transposto tem importância reconhecida pela sociedade, não se tornando um saber obsoleto que pode ser ensinado até mesmo pelos pais ou em outro ambiente que não seja a sala de aula. Ou seja, o saber que será transposto não deverá estar muito afastado do saber de origem, nem muito próximo do saber dos pais. A outra atualização está relacionada a uma questão *biológica*, ligada diretamente a sua área de conhecimento. O saber transposto deve estar de acordo com a ciência vigente, deixando os conceitos que foram superados para serem ensinados somente em uma perspectiva histórica;
- **3ª característica:** está relacionada a uma questão de *operacionalidade*, ou seja, o saber que vai para a sala de aula tem que ser capaz de gerar algum tipo de atividade, dentre elas, exercícios, tarefas ou algum tipo de trabalho que tenha como objetivo a conceituação do saber, sendo possível, por exemplo, organizar-se em sequências didáticas. Essa é uma característica importante, porque está ligada diretamente à avaliação. Um saber que não apresenta nenhum tipo de atividade que possa levar a uma avaliação de seu aprendizado está fadado, muito possivelmente, a uma não permanência na escola;
- **4ª característica:** está relacionada ao emprego da *criatividade didática*, uma vez que essa característica implica diretamente na criação de atividades de uso

exclusivo da escola, ou seja, objetos que não possuem similares no saber sábio, tornando-se criações que têm existência garantida somente na sala de aula, como é o caso de atividades que envolvam situações de aprendizagem criadas com uma intencionalidade didática e inerentes ao projeto de ensino em vigor do professor;

- **5ª característica:** está relacionada ao caráter *terapêutico* do saber no ambiente escolar, ou seja, o saber tem que mostrar uma adaptação ao sistema didático, afinal, só permanece na escola aquele saber que já se verificou que dá certo, ou ainda, aquele saber que conseguiu se ajustar ao sistema didático ao longo de um período de exposição e utilização, sem considerar os objetivos formadores.

3.3.5 - As Regras da TTD¹⁰

Tomando como referência o trabalho de Chevallard (1991), Astolfi et al. (1997) apresentam as chamadas regras da transposição didática. Essas regras, na verdade, correspondem “*as várias etapas que podem conduzir à introdução do saber sábio até o saber a ensinar*” (ASTOLFI et al., 1997, p. 18), pois permitem ao didata¹¹ um olhar antecipado sobre o processo de transposição e para as condições encontradas para sua sobrevivência.

Enfatizamos novamente que essas regras acabam retroalimentando as características destacadas por Chevallard para a sobrevivência dos saberes que são alvos do processo de transposição, reafirmando os elementos necessários e que devem ser observados antes do processo e que podem ser, portanto, decisivos na eficácia da didatização dos saberes escolares.

A seguir, apresentamos as regras da TTD e suas características gerais:

- **Regra I - Modernizar o saber escolar**

¹⁰ Tais regras foram exploradas por Brockington e Pietrocola (2005) no artigo “Serão as regras da Transposição Didática aplicáveis aos conceitos da Física Moderna?”, onde os autores apontam para alguns elementos que questionam a aplicabilidade dessas regras aos temas da FMC, propondo, assim, a criação de uma nova regra para que esta ferramenta de análise seja adaptada para estes novos saberes.

¹¹ Didata seria o termo empregado ao indivíduo interessado em aplicar a TTD em sua prática sob um olhar minucioso das regras apontadas por Astolfi et al. (1997).

Essa regra está relacionada à ideia de que a ciência nos últimos anos vem avançando e produzindo cada vez mais conhecimentos. Eles, por sua vez, têm chegado mais rapidamente à população em geral, por meio das mídias e em forma de novos aparelhos e dispositivos mais modernos.

Contudo, esse desenvolvimento poderia ser acompanhado por uma releitura moderna e contemporânea dos livros didáticos, fazendo juz ao alto desenvolvimento tecnológico, contribuindo, por exemplo, para um novo olhar do estudante sobre a ciência moderna e a forma dinâmica como ela é desenvolvida e questionada simultaneamente.

De certa maneira, isso já acontece, porém a maioria dos temas acabam sendo tratados de forma bastante superficial, ficando apenas como tópicos que permeiam a física clássica tradicional dos livros didáticos, ou, ainda, descritos brevemente em seus capítulos finais, nos mesmos moldes dos já existentes.

A esse respeito, Brockington (2005) destaca que a modernização dos saberes escolares é uma necessidade, pois acaba legitimando o programa da disciplina, garantindo seu lugar no currículo, enquanto que Astolfi et al. destacam:

Em diferentes disciplinas, parece ser necessário aos especialistas colocar em dia os conteúdos de ensino para aproximá-los dos conhecimentos acadêmicos. Neste caso, frequentemente criam-se comissões que tomam por base vários trabalhos e proposições anteriores difundidas na noosfera (ASTOLFI et al., 1997, p.182).

- **Regra II - Atualizar o saber escolar**

O saber tem que ser renovado, atualizado, porque ele envelhece no interior do sistema didático (CHEVALLARD, 1991). Se afastado do núcleo de pesquisa do saber sábio, esse saber não será reconhecido como atual pelo saber original e o saber do estudante poderia acabar se aproximando do saber dos pais.

Esse envelhecimento pode, ao longo do tempo, tornar o sistema didático obsoleto do ponto de vista da sociedade, visto que os próprios pais poderiam transmitir esse conhecimento. Isso gera uma incompatibilidade do sistema didático com seu entorno.

Para retomar a compatibilidade, é necessária a instauração de uma corrente proveniente do saber sábio que traga um saber ainda não difundido amplamente. Segundo Astolfi et al. (1997, p. 182), *“para esta renovação, a modernização julgada*

necessária do lado do saber sábio, se soma a uma necessidade de renovação curricular do lado do ambiente do sistema educativo”.

- **Regra III - Articular o saber novo com o antigo**

O saber novo se articula melhor quando apresentado para explicar um saber antigo, mas não de uma maneira radical, tentando refutar ou negar o saber anterior, pois isso poderia gerar o risco de o estudante ver o novo saber escolar como algo instável, acreditando que ele sempre será substituído por um mais novo que virá em seguida.

Outro aspecto relevante nesse contexto está relacionado a um estado de questionamento permanente, que pode vir a provocar dificuldades na condução do processo de ensino. Quanto a esse aspecto, Astolfi et al. destacam:

Entre os vários objetos do Saber Sábido suscetível a modernização e para diminuir a obsolescência, alguns são escolhidos porque permitem uma articulação mais satisfatória entre o novo que se tenta introduzir, e o velho já provado no sistema e do qual será necessário conservar alguns elementos reorganizados (ASTOLFI et al., 1997, p.183).

- **Regra IV - Transformar um saber em exercícios e problemas**

Fica evidente que o saber sábio que trouxer maiores possibilidades de exercícios e atividades poderá ser mais facilmente aceito pelo sistema didático. Isso decorre da ideia de que os exercícios e atividades fazem parte do processo de avaliação. Assim, esses conteúdos terão uma vantagem, ou uma preferência no processo da transposição didática, principalmente por parte do professor.

Quanto a isso, autores como Alves-Filho (2000) destacam que essa é a regra de maior importância no processo de didatização do saber, pois está ligada diretamente ao processo de avaliação. A aquisição desse saber pelo estudante pode ser confirmada através da sua habilidade em solucionar exercícios e problemas, conforme apontam Astolfi et al.:

A seleção vai ocorrer a partir da facilidade particular de certos conteúdos para gerar um número grande de exercícios ou atividades didáticas, até mesmo quando estes são nitidamente descontextualizados quanto a sua função, em relação ao conceito original (ASTOLFI et al., 1997, p.183).

- **Regra V - Tornar um conceito mais compreensível**

Conforme apontado, existe uma perda inexorável na linguagem original no momento da transformação do saber sábio em saber a ensinar, pois o saber passa a ser escrito em uma linguagem mais próxima das pessoas que não fazem parte da comunidade que compõe o saber sábio. Isso, entretanto, faz com que ele se torne mais próximo dos estudantes e, dessa forma, sua compreensão possa ser facilitada, tendo como objetivo a melhoria do aprendizado desse saber por parte dos estudantes.

3.3.6 - Outros aspectos da TTD

Apresentadas as cinco regras, podemos concluir que a TTD dispõe de um conjunto de elementos que trazem contribuições para a área da Didática da Matemática, e, posteriormente, outras áreas do conhecimento, permitindo uma reconstrução do percurso dos saberes ao longo do processo de transposição, conforme a própria literatura da área vem apontando, mas sob a tutela de regras ponderadoras do processo de didatização dos saberes e da qualidade desse processo.

Entretanto, essa mesma teoria vem, desde a sua primeira publicação, sendo alvo de algumas críticas, dentre elas, algumas que tratam de um esgotamento ou abuso do uso do conceito de transposição didática na literatura (GABRIEL, 2009), até discussões sobre a validade da sua extensão em outras áreas específicas da didática.

Por exemplo, algumas das críticas à transposição fazem menção direta ao papel do professor no interior da transposição, ao saber sábio e a autonomia da escola, como aponta Leite (2007, p. 58), “[...] Chevallard também foi criticado pela posição que teria concedido ao professor na sua teoria, pela suposta exclusividade do saber sábio como referência para a construção do saber a ser ensinado e também pelo suposto não reconhecimento da autonomia da escola”.

Segundo afirmação do próprio Chevallard, o maior foco de resistência à TTD não surgiu entre os professores, mas sim entre os teóricos das didáticas específicas. Sua surpresa é compreensível, pois defendia, com sua teoria, exatamente a pertinência das especializações didáticas, dada a centralidade que concedeu à problemática dos saberes.

Diante dessas críticas, podemos fazer algumas ressalvas que permitem uma reflexão quanto à profundidade da afirmação relacionada ao papel do professor no interior da transposição, uma vez que procuramos na pesquisa destacar exatamente o

papel central e sensível do professor no interior da inovação curricular, e, portanto, não podemos minimizar a sua importância tal como as críticas apontam.

A seguir, apresentamos alguns argumentos que reforçam a importância do professor e que minimizam as críticas relacionadas ao seu papel no interior do processo de transposição dos saberes escolares.

Primeiramente, ao analisar a questão do papel do professor no interior do processo de transposição, verificamos que a crítica feita está alicerçada na dimensão de que ele é reconhecido como um mero agente transmissor, com caráter passivo no interior desse processo ou, simplesmente, um reproduzidor dos saberes que são produzidos em outras esferas da sociedade.

Diante disso, encontramos na literatura autores que apresentam argumentos, a nosso ver, plausíveis, que permitem refutar tal afirmação. Dentre eles, destacamos Leite que argumenta:

Em várias passagens do seu livro *La Transposición Didáctica*, o professor é referido como participante desse processo, em diferentes instâncias. Ao discutir o funcionamento da noosfera, por exemplo, Chevallard aponta como participantes, conforme mencionado anteriormente: “os representantes do sistema de ensino, com ou sem mandato (do presidente de uma associação de professores ao simples professor militante)” (LEITE, 2007, p. 59).

Dessa forma, voltando-nos para o interior da noosfera e analisando mais cuidadosamente o fenômeno da transposição e atentando para a transposição didática interna, percebemos que a principal figura é exatamente a do professor, afinal cabe a esse profissional a realização da transposição do saber a ensinar em saber ensinado, considerando, preferencialmente e de forma consciente, suas intenções didáticas.

Também, faz-se necessário ao professor o uso da criatividade didática e adequação das atividades produzidas ao tempo didático. Quem mais seria importante nesse momento para a realização de tal tarefa senão aquele que está envolvido diretamente com esse processo?

Entretanto, reconhecemos que embora Chevallard (1991) em sua obra não aponte com toda ênfase que o professor deva participar do processo de transposição, percebemos que seu papel é fundamental e está situado muito acima das considerações simplistas e, de certa forma, ingênuas apontadas pelos críticos da TTD.

Reforçamos, com isso, que o professor deva ser efetivamente um agente dinâmico dentro do processo de transposição, não podendo seu papel ser desconsiderado no momento da realização da didatização dos saberes. Afinal, ao realizar as transformações e adaptações, espera-se a manifestação de uma intencionalidade didática de forma que os saberes transpostos possam contribuir também para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem no ambiente escolar.

3.4 - A Vigilância Epistemológica (VE)

Uma das questões que surgem em decorrência das adaptações, transformações e reconstruções que os saberes escolares sofrem ao longo de um processo de transposição é a necessidade de verificação da forma como esses saberes foram didatizados em relação aos saberes de origem, ou seja, uma espécie de aferição acerca da forma como se deu esse processo em termos dos objetivos traçados inicialmente.

Assim, uma questão que pode ser lançada e que motiva essa discussão seria a seguinte: como garantir que durante o processo de transposição os saberes que foram didatizados não se tornem descontextualizados e irreconhecíveis frente ao saber de origem ou saber de referência? Isso ainda pode ser dito da seguinte maneira: como garantir a eficácia do processo de didatização frente ao saber sábio?

Para analisar tal questão, Chevallard (1991) apresenta um princípio extremamente importante no interior da TTD, por ele denominado de *Vigilância Epistemológica* e que, segundo o autor: “[...] existe outra forma de colocar o problema da existência da transposição didática: uma maneira de colocar o problema envolve o princípio da vigilância epistemológica, onde o didata deve observá-la constantemente” (CHEVALLARD, 1991, p. 49).

Embora ele não aprofunde uma discussão sobre a VE em sua obra, fica notabilizada a importância desse conceito para a verificação e acompanhamento do processo de transposição. Portanto, esse aspecto deve ser contabilizado nas discussões sobre o fenômeno de didatização, pois pode permitir ao professor um acompanhamento mais próximo da forma como foi realizada a transposição do saber ensinado em relação ao saber considerado de referência.

Por isso, Chevallard (1991) aponta para a necessidade de uma constante e contínua vigilância epistemológica a ser exercida pelo professor de forma a verificar se essas adaptações e transformações, que não devem ser encaradas em nenhum momento

como uma mera simplificação dos saberes, não estariam descaracterizando-os e tornando-os descontextualizados e/ou irreconhecíveis frente ao saber sábio, como destacam Teixeira e Krapas (2005).

Podemos ainda inferir a VE como uma forma de o professor realizar uma reflexão acerca do processo de didatização em que está atuando, ou, ainda, um autocontrole sobre as etapas desse processo. Dessa forma, põem-se o professor diante do emprego da sua autonomia e da reflexividade, aspectos tão necessários ao processo fundamental de consolidação da formação e atuação docente no ambiente escolar.

Sobre isso, autores como Schön (1987) e Alarcão (2004) defendem que o professor deva refletir sobre sua ação docente e seus saberes, objetivando a ressignificação permanente do processo ensino-aprendizagem em função dos objetivos iniciais, tornando-o significativo para ele, professor, e para seus estudantes, que também correspondem a um dos objetivos finais na realização do processo de transposição didática.

Partilhamos das ideais e anseios desses autores, apenas realçando a importância da VE no interior da TTD, visto que esse princípio possa ser um elemento desencadeador de uma prática de tomada de consciência do processo de didatização da qual o professor é um elemento importante e, portanto, não pode ser desconsiderado.

Salientamos, porém, que o autocontrole a que se refere a vigilância epistemológica não pode e não deve ser interpretado como um patrulhamento da prática do professor, mesmo que ocorra uma aproximação com tal ideia. Afinal, acreditamos que ela deva se reverter, conforme já destacamos, em um exercício contínuo de reflexão sobre o fenômeno de didatização que está em andamento. Assim, como podemos fazer o professor tomar consciência desse fenômeno? Ou ainda, como pode ser realizada a VE por parte dele no exercício de sua prática? São questões em aberto, mas que carecem também de um estudo mais específico.

Acreditamos que esse processo de VE possa ser exercido pelo professor em sua prática docente de diferentes maneiras, por exemplo, por meio do emprego de artigos ou extratos de textos históricos originais, que podem servir como referência empírica na análise das transformações ocorridas nos saberes a ensinar presentes em livros

didáticos. Esses aspectos já foram verificados e constados nos trabalhos de Teixeira e Krapas¹² (2005), Ricardo e Pietrocola¹³ (2010), Ricardo¹⁴ (2012) e Sousa¹⁵ (2013).

Isso vem ao encontro à ideia de reforçar o papel do professor nesse processo, principalmente de sua autonomia, poder de escolha e decisão, auxiliado possivelmente pela VE, uma vez que o professor em seu ambiente e na instituição a qual faz parte, sofre influências diversas, dentre elas, a do próprio sistema de ensino, levando a possíveis incorporações de distorções junto ao processo de transposição em andamento.

Nesse sentido, enfatizamos o professor trabalhando no interior da transposição didática, pois sua atuação ocorre dentro de um sistema didático em que muitas decisões já foram tomadas e escolhas já foram feitas, por exemplo, na noosfera. Logo, esse é o lugar onde se pensa o funcionamento didático conforme ideologias diferentes, constituindo, para Chevallard (1991, p. 34), “*o centro operacional do processo de transposição*” e expressa o trabalho externo da transposição didática.

Consideramos um passo importante na prática docente, conforme já apontado, o exercício da autonomia do professor. Logo, a VE pode se tornar um elemento desencadeador e consolidador desse processo, especialmente em situações de inovações curriculares, reconhecendo que há essa transposição e compreendendo que há possibilidades de organizar os saberes didatizados de diferentes modos.

Para isso, o professor necessitaria trabalhar na transposição didática tendo como referência o seu projeto inicial de ensino, realizando uma reflexão sobre ele e procurando metodologias e recursos instrucionais que permitam atingir os objetivos inicialmente traçados.

Contudo, também é necessário que o professor possa compreender que o saber a ensinar assumirá uma nova forma, uma nova textualização, acompanhada de um processo de *despersonalização*, *desincretização*, *descontextualização*, *publicidade* e

¹² Teixeira e Krapas (2005) no artigo “Reflexões sobre a Transposição Didática da Lei de Coulomb”, apresentam um trabalho onde buscam identificar as possíveis nuances de dogmatização na apresentação da lei de Coulomb pelos mais expressivos livros didáticos brasileiros do Ensino Médio.

¹³ Ricardo e Pietrocola (2010) no artigo “Vigilância Epistemológica e Livros Didáticos: demonstrando o processo de transposição didática do conhecimento físico”, apresentam um trabalho centrado em uma atividade prática desenvolvida para alunos em um curso de física da Universidade de São Paulo, onde o principal objetivo foi o de analisar o processo de transposição didática do conhecimento físico a partir de artigos de referência históricos.

¹⁴ Ricardo (2012) em sua tese de livre docência “Elementos Físicos e Matemáticos da Mecânica Analítica, a Relação entre as Duas Ciências e a Vigilância Epistemológica”, levanta a possibilidade de que a vigilância epistemológica possa ser uma das formas de se exercitar a ação reflexiva sobre a prática docente.

¹⁵ Sousa (2013) no artigo “Uma reflexão sobre o processo de didatização dos saberes escolares sob o olhar da Vigilância Epistemológica de Chevallard” apresenta uma reflexão do processo de didatização dos saberes escolares ocorrida na experiência do efeito fotoelétrico presente em alguns livros didáticos brasileiros do Ensino Médio.

programabilidade, para ser finalmente *recontextualizado* em um novo discurso presente, por exemplo, em livros, manuais e materiais didáticos.

Além disso, quando nos remetemos às situações de inovações curriculares, percebemos que o professor passa a lidar com outras preocupações, além daquelas relacionadas ao processo de transposição didática, conforme aponta Ricardo:

Especialmente em situações de inovações curriculares, mas não apenas nestas, exige-se do professor um conjunto de habilidades que não se concentram apenas em novos conteúdos, mas também em novas práticas. Para assumir seu papel na mediação didática, o professor terá que correr riscos e reivindicar certa autonomia, pois estará buscando o novo e não há ainda uma prática consolidada que já tenha passado por um período de validação em situação de sala de aula, ou uma terapêutica na perspectiva de Chevallard (1991). Aqueles saberes presentes nos livros didáticos, bem ou mal, adquiriram características que garantem sua permanência nos programas, ainda que possam não satisfazer os (supostos) objetivos formadores da escola (RICARDO, 2012, p. 138).

Dessa forma, considerando a situação da inovação curricular e os novos conteúdos que devem ser transpostos para a sala de aula pelo professor nesse contexto, assumimos que a TTD e a VE se tornam imprescindíveis aos saberes que serão ou já foram didatizados. Afinal, de acordo com Chevallard (1991), a transposição didática corresponde a uma ferramenta analítica que permite articular uma análise epistemológica com uma análise didática, iluminando as diferenças e as modificações entre o saber a ensinar e o saber ensinado.

3.5 - A Teoria Antropológica do Didático (TAD)

A Teoria Antropológica do Didático, assim como a Teoria da Transposição Didática, está inserida no campo da didática da matemática¹⁶ francesa, sendo que os primeiros indícios de seu surgimento já podem ser encontrados na primeira formulação da TTD (Chevallard, 1985).

Entretanto, é somente no posfácio da segunda edição da obra *La Transposición Didáctica: del saber sábio al saber enseñado*, que Chevallard (1991) levanta a

¹⁶ A Didática da Matemática desenvolveu-se na França, a partir dos anos de 1970, em um contexto marcado pela reforma da matemática moderna, com a criação dos Irems (Instituto de Pesquisa sobre Ensino da Matemática) e o sucesso das teorias psicológicas de Piaget sobre o desenvolvimento da inteligência e a aquisição de conhecimentos fundamentais.

possibilidade da existência de uma *antropologia dos saberes*¹⁷. A nova teoria formulada pelo autor adquire uma forma mais consistente em meados de 1992 e se destaca por apresentar um caráter mais amplo e de evolução em relação à TTD.

A esse respeito, autores como Almouloud destacam:

Essa teoria é uma contribuição importante para a didática da matemática, pois, além de ser uma evolução do conceito de transposição didática, inserindo a didática no campo da antropologia, focaliza o estudo das organizações praxeológicas didáticas pensadas para o ensino e a aprendizagem de organizações matemáticas (ALMOULOU, 2010, p. 111).

Com a criação da TAD, seu autor apresenta à comunidade novos conceitos que permitem estruturar a teoria, como a percepção de que o saber não é absoluto, ou seja, está associado a uma relatividade¹⁸, uma vez que depende das instituições¹⁹ em que o sujeito e o saber se encontram.

Devido às características da TAD, é conveniente notarmos que ela já conseguiu romper com os limites de sua aplicação na área da Educação Matemática, encontrando, assim, difusão em outras áreas do conhecimento. Como exemplo, as pesquisas que ocorrem atualmente na didática das ciências, pois constatamos que essa área partilha de interesses comuns como a determinação dos objetos (saberes) do ensino científico, conforme observam Astolfi et al.:

A didática das ciências é um campo de investigação de rápido crescimento, que se inscreve na categoria dos trabalhos que visam determinar os objetos do ensino científico, renovar as suas metodologias, melhorar as condições da sua aprendizagem para os alunos (ASTOLFI et al., 1997, p. 7).

Ainda sobre a questão dos objetos, na TAD esses objetos matemáticos e sua natureza se tornaram alvo de estudos específicos como destaca Almouloud (2010). Assim, autores como Bosch e Chevallard (1999) ao investigarem a sua natureza conseguiram estabelecer uma classificação que permitiu distingui-los em dois tipos: *objetos ostensivos* e *objetos não ostensivos*.

¹⁷ O emprego da expressão *antropologia dos saberes* é apresentado na página 153 da obra *La Transposición Didáctica*, embora as expressões antropologia, antropologia didática, antropólogo e didático também apareçam nesse posfácio em páginas anteriores a essa.

¹⁸ Entendemos que a relatividade do saber com relação à instituição a qual ele se apresenta já havia levado Chevallard ao conceito de *transposição didática* (CHEVALLARD, 1985).

¹⁹ Na TAD a expressão *instituição* merece um grande destaque e está associada à *noosfera*. Mais adiante, abordaremos melhor essa relação e a caracterização de uma instituição.

A esse respeito e em referência aos mesmos autores, Almouloud destaca que:

Esses autores falam de *objetos ostensivos* (em latim: *ostendere*, “mostrar, apresentar com insistência”) para se referir a todo objeto que, tendo uma natureza sensível e certa materialidade, tem, para o sujeito, uma realidade perceptível. Pode-se dizer, dessa forma, que os ostensivos são os objetos manipuláveis na realização da atividade matemática. Dessa forma, os *objetos não ostensivos* são, segundo os autores, todos os “objetos” que, como as ideias, as instituições ou os conceitos, existem institucionalmente sem que, no entanto, eles sejam vistos, ditos, escutados, percebidos por contra própria. Assim, esses objetos só podem ser evocados ou invocados pela manipulação adequada de certos objetos ostensivos que lhes são associados, tais como uma palavra, uma frase, um gráfico, uma escrita, um gesto ou todo o discurso (ALMOULOU, 2010, p. 119, destaque do autor).

Logo, consideramos que a TAD possa fornecer uma metodologia para a análise e desenvolvimento de atividades de ensino e aprendizagem (ARTAUD (1998); ARTAUD e CHEVALLARD (2002)), antes aplicada na didática da matemática; mais tarde transposta para outras áreas do conhecimento. Isso reforça a visão de que a TAD já nasce, enquanto teoria, com uma perspectiva de atuação bastante ampla.

Um fato importante que levou Chevallard ao desenvolvimento da TAD está associado às características limitadas da própria TTD. Segundo ele, a TTD tem o propósito de fazer uma análise epistemológica do saber sob o ponto de vista didático essencialmente em termos de objetos de saber. Tais objetos podem, segundo o autor, ser categorizados em *paramatemáticos*, *matemáticos* e *protomatemáticos*.

Os *paramatemáticos* correspondem às ferramentas utilizadas para descrever e estudar outros objetos matemáticos. Os *matemáticos* estão associados aos instrumentos úteis para estudar outros objetos matemáticos, tornando-se também objetos de estudo em si mesmos. Os *protomatemáticos* apresentam propriedades utilizadas para resolver alguns problemas, sem, contudo, adquirir o status de objeto de estudo ou de ferramenta para o estudo de outros objetos. Assim, a insuficiência dessa classificação foi uma das razões que levaram Chevallard ao desenvolvimento da TAD.

Quanto aos seus aspectos históricos, percebemos que a TAD tem seu desenvolvimento em meio a questionamentos que estavam emergindo no campo da didática da matemática francesa, e, particularmente, em um momento específico de investigação no contexto educacional francês, denominado de programa epistemológico.

Segundo observa Gascón (2003), esse programa permitiu propor modificações nas organizações matemático-didáticas escolares fundadas nas análises das práticas matemáticas institucionalizadas, trazendo também para a pauta a problemática da formação docente no interior das instituições de formação. Além disso, esse programa procurou realizar um estudo sobre o currículo do sistema educacional francês, dando grande ênfase na chamada micro didática, ou seja, o estudo de uma ciência específica, em particular, a matemática.

Outro aspecto importante a considerarmos é que as ideias empregadas por Chevallard no escopo teórico da TAD acabaram sofrendo grande influência de diversos autores. Dentre eles, destacamos as ideias de Guy Brousseau e a sua Teoria das Situações Didáticas (TSD)²⁰ (1986), entre outros autores como Michel Foucault, Pierre Bourdieu, Louis Althusser e Marcel Mauss.

Segundo Chevallard (1999), a TAD permite reconstruir o processo da transposição didática que se realiza sobre o ensino de determinado objeto do saber em determinada instituição. Encontramos em Almouloud (2010) elementos que reforçam essa ideia:

A teoria antropológica do didático (TAD) estuda as condições de possibilidade e funcionamento de sistemas didáticos, entendidos como relações sujeito-instituição-saber (em referência ao sistema didático tratado por Brousseau, aluno-professor-saber) (ALMOULOU, 2010, p. 111).

Como o saber matemático é o aspecto de interesse de Chevallard, ele defende que este é transposto entre instituições. Assim, a TAD pode fornecer um método de análise que permita não somente descrever esse saber, mas também estudar as condições de sua existência em determinadas instituições. Com isso, seria possível analisar as limitações ou potencialidades que se criam entre os objetos de saberes a ensinar em diferentes locais e, portanto, em diferentes instituições.

É a partir dessa constatação e das características gerais e específicas da TAD que surge a motivação de empregá-la nesta tese, tendo em vista que a teoria poderia dar um subsídio teórico na compreensão da maneira como o professor realizou a transposição

²⁰ A TSD tem como objetivo a caracterização de um processo de aprendizagem por uma série de situações reprodutíveis conduzindo frequentemente à modificação de um conjunto de comportamentos dos estudantes. Essa modificação é característica da aquisição de um determinado conjunto de conhecimentos, da ocorrência de uma aprendizagem significativa. Logo, o objeto central de estudo dessa teoria não é o sujeito cognitivo, mas a situação didática na qual são identificadas as interações estabelecidas entre professor, aluno e saber, ou seja, um triângulo didático.

dos saberes entre as instituições participantes da pesquisa, ou seja, o curso de formação continuada ofertado na universidade, e a escola.

Portanto, a TAD estuda o homem perante o saber matemático, e mais especificamente, perante situações matemáticas. Isso evidencia a utilização do termo “antropológico”, uma vez que a teoria procura situar a atividade matemática e, em consequência, o estudo da matemática dentro do conjunto de atividades humanas e de instituições sociais.

Quanto à difusão da TAD no mundo acadêmico, consideramos que esse processo tenha se iniciado principalmente nas últimas duas décadas, tendo por base os estudos do próprio Chevallard e de seus colaboradores que empregaram a teoria em diversos trabalhos. Dentre eles, destacamos Chevallard (1992, 1999 e 2002); Bosch e Chevallard (1999); Chevallard et al. (2001); Gascón (2003); Bosch, Fonseca e Gascón (2004), dentre outros.

A partir disso, ousamos afirmar que encontramos nas figuras de Marianna Bosch²¹ e Josep Gascón²², os grandes responsáveis e incentivadores da divulgação desse referencial, principalmente em virtude do grande número de trabalhos que eles desenvolveram na área da Educação Matemática em conjunto com o próprio autor da teoria. Atualmente esses autores são integrantes de um grupo de investigação²³ em TAD.

Para mensurarmos sua utilização, optamos por apresentar esses levantamentos em dois agrupamentos. O primeiro, relacionado às publicações no âmbito internacional, enquanto, o segundo, relacionado aos trabalhos no âmbito nacional. Dessa forma, no âmbito internacional encontramos estudos que empregam a noção da antropologia dos saberes de Chevallard em diversas pesquisas. Dentre eles, destacamos:

- um estudo da análise praxeológica em algumas organizações matemáticas realizado por Matheron (2000);
- um estudo sobre o elo perdido entre o ensino e a aprendizagem no momento de estudar a matemática realizado por Chevallard, Bosch e Gascón (2001);

²¹ Professora da Universidade de Ramon Llull na Espanha.

²² Professor da Universidade Autônoma de Barcelona na Espanha.

²³ Grupo de Investigación em Teoría Antropológica de lo Didáctico. Disponível em: <<http://www.atd-tad.org/>>. Acesso em 26 jan 2014.

- as restrições na prática docente de professores de matemática no estudo dos limites de funções na escola média da Espanha realizado por Barbé et al. (2005);
- as implementações sobre o uso da robótica em escolas de educação primária e secundária canadenses, em níveis de tecnologia, metodologia, currículo e ciências realizado por Alergui et al. (2008);
- o uso da abordagem antropológica no contexto de professores de matemática em um processo de formação realizado por Huillet (2009) e Mortensen e Winslow (2010);
- estudos comparativos internacionais sobre a Educação Matemática sob o ponto de vista da TAD realizado por Artigue e Winslow (2010);
- um estudo realizado por Poisson (2011), sobre a organização didática e matemática presente em alguns livros didáticos de cálculo;
- um compêndio com diversos estudos organizados por Bosch²⁴ et al. (2011) que permite traçar a forma como o trabalho de Chevallard se difundiu no meio acadêmico;
- um estudo realizado por Winslow et al. (2013), no qual se aprofunda uma investigação acerca de um modelo epistemológico para a didática.

Na última década encontramos no âmbito nacional trabalhos que já utilizam a TAD como referencial teórico. Contudo, tais trabalhos focalizaram principalmente sobre a organização praxeológica em livros didáticos, com atenção a temas específicos do ensino de matemática, como a noção de variável (CRUZ, 2005), estudo do objeto triângulo (MAIA, 2008), estudo da álgebra no Ensino Fundamental (NOGUEIRA, 2008; ARAUJO, 2009) e resolução de equações do 1º grau (NETA e SILVA, 2014). Encontramos, ainda, pesquisadores que realizaram um estudo sobre o percurso da

²⁴ BOSCH, M. et al. **Un panorama de la TAD / Na overview of ATD**. 1ª ed. CRM Documents. Centre de Recerca Matemàtica, vol. 10, Bellaterra (Barcelona), 2011. Disponível em: < <http://www.atd-tad.org/documentos/un-panorama-de-la-tad-an-overview-atd/>>. Acesso em 17 maio 2014.

didatização do pensamento algébrico no Ensino Fundamental (AGUIAR, 2014), mas que também optaram pelo emprego de livros didáticos em sua análise. Dessa forma, reconhecemos que tais trabalhos acabam se situando predominantemente no domínio da área da Educação Matemática.

Outros trabalhos, porém, procuraram ainda com o auxílio da TAD investigar alguns aspectos do processo de ensino e aprendizagem, como os saberes docentes presentes no estudo do tema função (ROSSINI, 2006) e o saber escolar presente no ecossistema da sala de aula por meio da análise das intencionalidades do professor e dos estudantes (MENEZES e SANTOS, 2008). Na Educação Superior também encontramos trabalhos que utilizam a TAD para analisar o processo de ensino e aprendizagem a partir do emprego da modelagem matemática (MIGUEL, 2005) e ensino e aprendizagem de integrais múltiplas por meio de uma praxeologia modelada (HENRIQUE, NAGAMINE e NAGAMINE, 2012).

Dessa forma, analisando esses trabalhos internacionais e nacionais, encontramos em grande parte deles estudos centrados na análise das organizações praxeológicas em cursos de formação de professores, livros didáticos ou análise institucional, sendo em sua maioria, pertencentes predominantemente ao domínio da Educação Matemática.

Outros, como Machado (2011), apresentam uma investigação com futuros professores de ciências dos anos finais do Ensino Fundamental, procurando identificar as organizações pontuais presentes em atividades referentes à digestão humana, ou seja, algo pertencente ao domínio das ciências biológicas. Entretanto, esse mesmo estudo também procura caracterizar as organizações praxeológicas presentes em livros didáticos de ciências.

Na literatura internacional destacamos o trabalho realizado por Kurbnaz e Arslan (2010) sobre a análise das condições de ensino do conceito energia. Tal trabalho procura entender através do referencial da TAD como a organização didática de um curso universitário pode afetar direta e indiretamente a compreensão do conceito de energia nesse nível de ensino. O destaque que procuramos dar a esse trabalho está em parte relacionado à identificação de contribuições ao ensino de física, ainda que isto ocorra na perspectiva da Educação Superior.

Quanto aos trabalhos nacionais, encontramos em alguns deles indícios de como a TAD poderia ser utilizada e que contribuições traria ao ensino da física na Educação Básica. Tais trabalhos têm em comum um destaque em relação ao potencial da TAD como ferramenta teórica para análise de livros didáticos e de propostas de atividades

(RICARDO, 2012; RICARDO e SOUSA, 2014), além de uma possível contribuição ao planejamento, condução de aulas de física (DIOGO e SILVA, 2009), ou elaboração de situações-problema no ensino de física (ZANARDI, 2013), bem como aspectos da formação dos professores em contextos relacionados ao emprego da robótica educacional no ensino de física (ALVES, 2014).

Todo esse volume de trabalhos nos permitiu reforçar o interesse sobre a utilização da TAD como teoria e ferramenta de análise e, ao mesmo tempo, alertou-nos para a sua pouca utilização na área de ensino de física, mostrando-nos uma possível contribuição que a tese poderia trazer nessa perspectiva, principalmente no contexto de implementação da inovação curricular no Ensino Médio a partir da inserção da FMC.

Diante de tais evidências, reiteramos a importância da TAD empregando-a em uma perspectiva que possa contribuir com elementos que ajudem na investigação da pergunta geral da pesquisa, além da possibilidade de associar esse instrumento teórico ao campo de investigação dos problemas relacionados ao ensino da física e a própria formação docente.

Todavia, Chevallard (1999) destaca na TAD duas grandes preocupações ou questionamentos, que podem ser apresentados da seguinte forma:

- um associado ao *lugar* onde se situa a didática da matemática (da biologia, da física, da química...), apontando como resposta dessa questão, o campo da *antropologia*, uma vez que a didática corresponde a uma ação humana, e, como tal, pode ser inserida no contexto do estudo antropológico;
- o outro, associado ao objeto da Didática da Matemática e seu significado. Diante disso, Chevallard (2002), nomeia esse objeto da didática de *didático*, afirmando que na intersecção entre a antropologia dos saberes e a antropologia didática dos conhecimentos, é que se localiza a antropologia didática dos saberes. Segundo ele, é na manipulação dos saberes com uma intencionalidade didática e, em particular, ensino dos saberes, que surgem os elementos principais e centrais da TAD.

Chevallard, Bosch e Gascón (2001) afirmam ainda que enquanto a escola torna-se uma instituição educativa designada pela sociedade para a difusão dos saberes e organizada no sentido de estudar as obras humanas produzidas pela cultura humana,

deve também responder ao conjunto de questões e de necessidades dessa mesma sociedade.

Podemos então, nesse contexto, segundo Machado, afirmar que:

[...] a TAD objetiva observar e analisar as situações que se traduzam pelo encontro (ou reencontro) com o didático, e resgatar o elo entre o ensino e a aprendizagem, conforme já citado inicialmente neste texto, colocando em evidência as formas e os meios de estudo, que possam explicar e responder, de forma efetiva, às dificuldades com as quais se deparam todas as pessoas e/ou instituições envolvidas com o estudo das áreas do conhecimento (da matemática, da biologia, da física, etc.) dentro ou fora da escola. Acreditamos, que o arcabouço teórico que fundamenta a antropologia didática proposta por Chevallard, muito contribuirá para viabilizar um ajustamento cultural interno a escola (MACHADO, 2011, p. 54).

A seguir, apresentamos as noções que estruturam o escopo teórico da TAD e que permitem utilizá-la como uma ferramenta de análise na tese, ou seja, as praxeologias e os momentos didáticos.

3.5.1 - A noção central da TAD: as praxeologias

As praxeologias correspondem a um novo conceito que Chevallard apresenta na TAD e que é central para a sua estruturação. A partir disso houve um avanço significativo na modelagem antropológica da matemática e, em seguida, de outras organizações, ficando estas caracterizadas em termos de praxeologias.

Entretanto, antes de avançarmos nessas discussões, apresentaremos o significado da expressão *instituição*, bastante presente no discurso da TAD e que em seu interior tem um significado mais amplo que o uso empregado normalmente.

Segundo o autor, a instituição (I) pode ser associada a uma escola ou mesmo uma sala de aula, assim como existe também a instituição trabalho, a instituição curso e a instituição família. Ou seja, segundo Chevallard (1999), a expressão instituição é empregada no sentido de um agrupamento social que possui uma legitimidade. Autores como Henriques, Nagamine e Nagamine²⁵ (2012), reforçam tal visão apontando que ao falarmos de instituição estaremos nos referindo à noosfera constituída, dentre outros elementos institucionais possíveis, por meio do Ministério da Educação, projeto

²⁵ Esses mesmos autores chamam ainda a atenção para a distinção entre a instituição de referência e os elementos institucionais. A esse respeito, consideram que a instituição de referência é correspondente à instituição de realização e/ou aplicação de uma pesquisa, seja de ensino ou não. Afirmam ainda, que no desenvolvimento de uma pesquisa em Educação, a instituição é constituída, no mínimo, por um dos elementos presentes na noosfera.

acadêmico curricular, livros didáticos, professores, alunos, pais, políticos, administradores, tecnologias, funcionários, sociedade, entre outros.

Contudo, o autor considera excluído do conceito de instituição qualquer arranjo prático, puramente instrumental, provisional ou algo relacionado ao trabalho puramente burocrático. Isso permite reforçar na obra de Chevallard a preocupação constante com o emprego das palavras, cabendo sua interpretação específica no interior da teoria e não em seu sentido coloquial.

Uma pergunta decorrente da análise das instituições as quais Chevallard se refere na TAD, pode ser apresentada, a nosso ver, da seguinte maneira: quais elementos inseridos nessas instituições permitem caracterizá-las como tal, ou seja, que aspectos acabam validando essas instituições? Uma possível resposta a essa pergunta pode ser apresentada em termos institucionais, pois são eles que permitem caracterizar uma determinada instituição. Para uma maior compreensão a respeito dessa questão, citamos o exemplo do projeto acadêmico curricular, professores e estudantes que o utilizam, pais, funcionários e o próprio Ministério da Educação. Afinal, eles fazem parte daquilo que consideramos como elementos institucionais.

Logo, entendemos por uma instituição de referência (I_R) aquela em que os saberes de referência são produzidos. Dessa forma, quando imaginamos uma pesquisa na área educacional, pensamos em uma instituição constituída, no mínimo, com um dos elementos institucionais. Isso permite inferir que mesmo que um pesquisador não explicita claramente a instituição a qual pertence sua pesquisa, devemos considerar que ela estará inserida em uma delas.

De posse dessa ideia, podemos concluir que a Educação Básica, constituída pela Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio, corresponde a uma instituição, enquanto suas partes também o são. Elas ainda podem ser caracterizadas como instituições de referência (I_R) e/ou de aplicação (I_A), uma vez que identificam o local institucional da realização/aplicação de um curso, de uma pesquisa, de uma política educacional, etc.

Quando pensamos nas instituições de ensino superior (IES), devido a sua própria natureza, são consideradas como uma instituição no contexto descrito acima. Ainda podemos considerar que as suas partes, tais como os cursos que ela organiza e oferta, também o são. Logo, passa a se tornar comum o estabelecimento de relações e o reconhecimento de objetos nas instituições, no contexto que Chevallard apresenta. Chevallard (1999) ainda discute em sua teoria a questão da institucionalização, das

relações institucionais e pessoais com os objetos institucionais. Para ele, um objeto do saber é institucionalizado, ou reconhecido institucionalmente, se existe a relação institucional da instituição com o objeto. Para Henriques (2011), esse reconhecimento passa pelos registros de documentos oficiais da instituição, tais como projetos acadêmicos curriculares (PAC) no caso das IES ou projetos políticos pedagógicos (PPP), tratando-se da Educação Básica.

Além disso, como as instituições admitem pessoas, Chevallard (1992) também destaca as relações pessoais de um indivíduo com um objeto da instituição e afirma que essa relação só pode ser estabelecida quando o indivíduo entra na instituição onde está inserido o objeto, que por sua vez tem um objetivo bem delimitado em seu interior.

As relações que se estabelecem entre o indivíduo e o objeto no interior de uma instituição, por exemplo, de referência, tem promovido em pesquisadores no campo da Educação Matemática um grande interesse. O estudo dessa relação tem sido feita a partir do emprego de sequências didáticas, organizadas com base nas praxeologias desenvolvidas em torno do objeto na instituição de aplicação, como pode ser observado em alguns trabalhos (ARTIGUE e WINSLOW, 2010; KURBNAZ e ARSLAN, 2010; MACHADO, 2011; ALVES, 2014; RICARDO e SOUSA, 2014).

Quanto à relação institucional, esta é particularmente ligada às atividades institucionais que são solicitadas aos estudantes e é, de certa maneira, caracterizada por diferentes tipos de *tarefas* que os estudantes devem efetuar e por razões que justificam tais tipos de tarefas. A relação institucional com um objeto é descrita por um conjunto de representações sociais²⁶ que se estabelecem numa instituição, envolvendo esse objeto do saber e, portanto, constituindo mais tarde uma praxeologia.

Na TAD, conforme observamos anteriormente, o emprego da expressão praxeologia tem um sentido específico. Entretanto, o autor ainda emprega outros termos com sentidos ainda mais restritivos em sua teoria. Como exemplo, citamos a questão do *didático* que tem um sentido diferente daquele usado habitualmente.

Assim, de forma a tornar mais transparente essa discussão, Chevallard estabelece uma equivalência entre o didático e o estudo, posto da seguinte forma:

O didático e o estudo é tudo aquilo que se refere ao estudo. Falaremos de processos didáticos toda vez que alguém se veja levado a estudar

²⁶ O estudo das representações sociais investiga como se formam e como funcionam os sistemas de referência que utilizamos para classificar pessoas e grupos e para interpretar os acontecimentos da realidade cotidiana. Moscovici (1976) foi o grande idealizador dessa teoria que há mais de 30 anos vem sendo empregada nos estudos educacionais.

algo - no nosso caso será a matemática - sozinho ou com a ajuda de outra(s) pessoa(s). A aprendizagem é o efeito buscado pelo estudo. O ensino é um meio para o estudo, mas não é o único (CHEVALLARD, BOSCH E GASCÓN, 2001, p. 58).

Surge, portanto, uma nova concepção na didática da matemática no que se refere ao didático, onde este se identifica diretamente com o estudo e com a ajuda ao estudo. Sobre isso, Chevallard, Bosch e Gascón salientam que:

A didática das matemáticas é a ciência do estudo e da ajuda ao estudo das matemáticas. Seu objetivo é obter uma descrição e caracterização dos processos de estudo - os processos didáticos - de forma a propor explicações e respostas sólidas às dificuldades com que se encontram todos aqueles (alunos, professores, pais, profissionais, etc.) que se veem levados a estudar as matemáticas ou a ajudar a outros a estudar matemática (CHEVALLARD, BOSCH E GASCÓN, 2001, p. 60).

Todavia, a TAD propõe levar em conta dois aspectos complementares da atividade humana: o aspecto estrutural, descrito em termos de *praxeologias* e o aspecto funcional, que pode ser analisado por meio dos *momentos didáticos*. A partir disso, Chevallard (1999) propõe situar a atividade matemática no conjunto das atividades humanas e das instituições sociais defendendo que toda atividade humana pode ser submetida a uma praxeologia.

Essa praxeologia não abrange apenas o estudo da prática humana, mas a ciência, pessoal ou institucional, de certa prática. É, portanto, relativa à pessoa ou à instituição em que ela se encontra. Portanto, o emprego de uma praxeologia fornece um modelo fundamental para apreender o conhecimento, para estudar suas transformações, e para dar conta do que é feito com eles em qualquer instituição, permitindo uma análise dos fenômenos de transposição que ocorrem em seu interior.

Posteriormente, e com o propósito de ter ferramentas mais precisas para analisar os processos didáticos institucionais, Chevallard (1999) introduz a distinção de diferentes tipos de praxeologias (ou organizações), segundo o grau de complexidade de seus componentes.

Para Chevallard (1999), as praxeologias associadas a um saber matemático podem ser classificadas de duas formas: as matemáticas e as didáticas. A primeira refere-se à realidade matemática que se pode construir para ser desenvolvida em sala de aula, enquanto, a segunda, refere-se à maneira como se faz essa construção. Logo, existe,

inevitavelmente, segundo Chevallard, um fenômeno de codeterminação entre os dois tipos de organização.

Sobre esses aspectos, autores como Almouloud destacam que:

[...] quando se trata de um objeto relativo às práticas de ensino, deve-se em primeiro lugar observar o objeto, depois descrevê-lo, analisá-lo e avaliá-lo para, finalmente, desenvolver atividades que têm por objetivo o ensino e a aprendizagem desse objeto, categorizado da seguinte forma: a realidade matemática (Organização matemática - OM); como se pode construir essa realidade (Organização didática - OD) (ALMOULOU, 2010, p. 123).

Além disso, existem diferentes tipos de praxeologias que podem se estabelecer durante o emprego da TAD. A seguir, apresentamos esses tipos e suas principais características:

- **Praxeologias pontuais (PP):** são aquelas produzidas naquilo que se considera na instituição como um único tipo de tarefa. Esta noção é relativa a uma instituição considerada e definida, em princípio, a partir do bloco prático-técnico;
- **Praxeologias locais (PL):** corresponde ao resultado da integração de diversas praxeologias pontuais, onde cada praxeologia local está caracterizada por uma tecnologia, que serve para justificar, explicar, relacionar entre si e produzir as técnicas de todas as praxeologias pontuais que a integram;
- **Praxeologias regionais (PR):** são aquelas obtidas mediante a coordenação, articulação e posterior integração ao redor de uma teoria matemática comum, de diversas praxeologias locais. A reconstrução institucional de uma teoria matemática requer elaborar uma linguagem comum que permita descrever, relacionar, justificar e produzir as diferentes tecnologias das praxeologias locais que integram a praxeologia regional;
- **Praxeologias globais (PG):** são aquelas que surgem agregando várias praxeologias regionais a partir da integração de diferentes teorias.

De maneira simplificada, se considerarmos, por exemplo, o ensino da matemática no Ensino Médio, é possível falarmos de: uma organização praxeológica pontual no que diz respeito à resolução de um tipo de problema sobre um tema de estudo, respondendo ao questionamento referente à forma como ele é resolvido; de uma organização local no que diz respeito à resolução de diferentes tipos de problemas sobre esse mesmo tema; de uma organização regional, que justifique as praxeologias locais que foram implementadas com certa intencionalidade.

Chevallard (1999) afirma que aquilo que se aprende e ensina em uma instituição escolar são praxeologias matemáticas ou, ao menos, certos componentes destas. As praxeologias raras vezes são pessoais, mas são bem compartilhadas por grupos de seres humanos organizados em instituições.

Outra forma de analisar uma praxeologia é considerar que embora ela seja constituída de uma *práxis* e de um *logos*, na verdade, temos o *logos* dessa *práxis*. Além disso, ela está associada às noções de tarefa (t) e tipos de tarefa (T). Dessa forma, podemos definir dois blocos distintos, um relacionado à *prática (práxis)* e o outro relacionado ao *saber*²⁷ (*logos*), sendo ambos indissociáveis. Sobre os aspectos de uma tarefa e seus tipos, Chevallard afirma que, “*calcular o valor de uma função em um ponto é um tipo de tarefa, mas calcular, simplesmente, é o que se chamaria de gênero de tarefa*” (1999, p. 2).

Contudo, Bosch e Chevallard (1999) restringem a noção de tarefa (T) em matemática. Para isso, consideram que aquilo que distingue a atividade matemática das outras atividades humanas é que, diante de uma tarefa, é preciso saber como resolvê-la. O como resolver a tarefa é o motor gerador de uma praxeologia.

Diante disso, a noção de praxeologia se inicia com o uso das chamadas técnicas, o que permite caracterizar determinados tipos de tarefas, trazendo à tona a pluralidade de técnicas para um tipo de tarefa, presente no interior de um sistema didático. Por outro lado, insiste na função tecnológica do conhecimento (para produzir, justificar e tornar as técnicas compreensíveis). Isso aponta para um sistema de condições e restrições que influencia sobre a existência ou não da técnica, em tal instituição, pois o conhecimento é antes de tudo um discurso possível de ser justificado.

²⁷ Convém ressaltar que um saber na TAD diz respeito sempre a uma organização praxeológica particular, com certa generalidade que lhe permite funcionar como uma máquina de produção de conhecimento. Para Bosch, Fonseca e Gascón (2004), a reconstrução institucional de uma teoria matemática requer elaborar uma linguagem comum que permita descrever, interpretar, justificar e produzir as diferentes tecnologias da organização matemática local que integram uma organização matemática regional.

Chevallard (1999), Bosch e Chevallard (1999), Bosch, Fonseca e Gascón (2004) enfatizam que toda prática institucional pode ser analisada de diferentes pontos de vista e de diferentes maneiras num sistema de tarefas relativamente bem definidas e que se desenvolvem no exercício da prática da seguinte forma:

- A realização de toda tarefa (T) resulta na busca por uma técnica (τ) que permita, a princípio, a resolução da tarefa ou dos tipos de tarefa (t) que se apresentam;
- As condições e exigências que permitem a produção e a utilização de tarefas e técnicas em uma instituição. Isso, porém, implica a existência de um discurso descritivo, lógico e justificativo das tarefas e técnicas, que é chamada de tecnologia²⁸ (θ) da técnica;
- Contudo, toda tecnologia (θ), por sua vez, precisa de uma justificativa, que na TAD se denomina de teoria (Θ).

Assim, o bloco tarefa/técnica é, dessa forma, considerado o bloco do saber-fazer, ou seja, um bloco prático, ao passo que o bloco tecnologia/teoria é considerado o saber, ou seja, um bloco teórico.

Nessa perspectiva, no estudo de um saber matemático como o estudo de função, não se pergunta mais o que é uma função, mas quais são os tipos de tarefas a serem executadas e de técnicas envolvidas e quais são as respectivas justificativas tecnológicas e teóricas que viabilizam esse estudo.

Assim, por exemplo, o conceito de função emerge dessas praxeologias que existem em um dado momento histórico em uma determinada instituição. Portanto, os exercícios propostos aos estudantes, as técnicas disponibilizadas para que eles possam resolver esses exercícios e as justificativas tecnológico-teóricas pertencem, especificamente, a uma determinada instituição.

A relação pessoal (R) de uma pessoa (X) a um objeto de saber (O) em uma instituição (I), somente pode ser estabelecida quando X entra em uma I onde existe esse O, conforme destaca Chevallard:

²⁸ Entretanto, pode ocorrer de que a tecnologia, ao longo do processo, acabe modificando a técnica para que seja mais abrangente, ou ainda, produza uma nova técnica mais sofisticada que facilite a resolução da tarefa.

Todo saber é ligado ao menos a uma instituição, na qual é desenvolvido, num dado domínio real. O ponto essencial, é portanto, que um saber não existe “in vacuo”, num vazio social. Todo conhecimento aparece, num dado momento, numa dada sociedade, ancorado em uma ou algumas instituições (CHEVALLARD, 1999, p. 24).

A relação pessoal entre esses elementos (figura 5) pode ser representada esquematicamente da seguinte maneira:

Figura 5 - Representação entre R, X, O e I.

Sobre isso, Chevallard destaca que:

Seriam, pois, as instituições, os sujeitos, os objetos, a relação (pessoal) de um sujeito com um objeto, a relação (institucional) de uma instituição com um objeto. O objeto O existe para o sujeito X se X tem uma relação com o objeto O: designarei esse objeto, a relação de X com O, como $R(X,O)$. Igualmente, o objeto O existe para a instituição I – é um objeto institucional para I – se existe uma relação institucional de I com O, $R_I(O)$. Notemos a respeito que um objeto existe - é um objeto - se é um objeto ao menos para um sujeito X ou uma instituição I. Dado isso, diremos que X conhece O se X tem uma relação com O (o que significa dizer que O existe para X). Diremos que para o sujeito Z de uma instituição I, X conhece O se Z supõe um juízo de conformidade de $R(X,O)$ com $R_I(O)$ (CHEVALLARD, 1991, p.148-149).

O autor ainda destaca:

Esta avalanche de noções não deve esconder o essencial: “o conhecimento”, entendido como a existência de relações (pessoal ou institucional) com os objetos *existentes em todo momento no real antropológico*. Mesmo lá onde não buscamos, um só objeto, um objeto *qualquer* que nos revela, fazendo surgir conhecimentos como a

pisada de quem passeia no campo no verão e faz surgir da terra os gafanhotos. Desse modo, no coração da antropologia, vemos emergir uma antropologia do *conhecimento*, uma antropologia *cognitiva* (CHEVALLARD, 1991, p. 149).

Com isso, podemos afirmar que a TAD apresenta-se na identificação de quatro elementos $[T, \tau, \theta \text{ e } \Theta]$, que constituem, dessa forma, uma organização praxeológica (OP) completa no interior de uma instituição (I). Isso, portanto, pode ser esquematizado da seguinte maneira (figura 6):

Figura 6 - Elementos constituintes de uma Organização Praxeológica (OP).

A esse respeito, Chevallard ainda destaca:

Uma *organização praxeológica (OP)* sempre surge como resposta a uma questão, ou a um conjunto de questões. Desse modo se estabelece um processo em que se deve buscar ou criar meios para respondê-la(s). A praxeologia atua justamente nesse momento, tentando encontrar uma ou mais formas de resolvê-la(s), regularmente e com sucesso (CHEVALLARD et al., 2001, p. 123, destaque nosso).

No entanto, uma organização praxeológica pode envelhecer e se tornar obsoleta, salienta Chevallard (1999), ao mesmo tempo em que surgem novas tarefas. Desse modo, podem aparecer novas praxeologias no interior de uma instituição fictícia A.

Essas novas praxeologias podem ter sido produzidas ou incorporadas de outra Instituição fictícia B. No caso de serem incorporadas, estas deverão sofrer adaptações, transformações, modificações, o que seria mais apropriado chamar de uma transposição entre instituições, ou seja, de I_A para I_B .

Mas, destaca Chevallard (1999), o *processo de transposição institucional* não necessariamente irá degradar as organizações praxeológicas transpostas. Ao contrário, defende o autor:

[...] em matéria de transposição *didática*, ou seja, quando I é uma instituição didática (uma escola, uma classe,...), ocorre com

frequência, sobretudo quando I' não é uma instituição *sábia*, que o trabalho transpositivo seja a ocasião de *melhorar* a praxeologia existente - simplificando-a, dando mais precisão a alguns de seus elementos, etc. Em todo caso, a transposição enriquece o mundo das praxeologias *socialmente disponíveis* - na medida em que ela cria uma praxeologia adaptada a certas condições institucionais *inéditas* (CHEVALLARD, 1999, p.8).

A partir dessas considerações, o que procuramos identificar nesta tese encontra-se presente na transposição das praxeologias da instituição-universidade (I_U) para a instituição-escola (I_E), de forma que seja possível compreender como se dá esse processo realizado por um professor que concluiu um curso de formação continuada, visando a implementar uma inovação curricular nas aulas de física do Ensino Médio.

Voltando-nos ao bloco da tarefa/técnica $[T/\tau]$ e ao bloco da tecnologia-teoria $[\theta/\Theta]$, ressaltamos que seria importante no contexto da inovação curricular que o professor, de forma geral, conseguisse avançar do bloco prático para o bloco teórico, pois, assim, estaria conseguindo romper com o modelo atualmente empregado na escola onde se privilegia apenas o aspecto da operacionalidade das atividades e exercícios, construídos muitas vezes em um contexto completamente alheio aos verdadeiros interesses do processo de ensino-aprendizagem na escola. Convém ressaltar que esse objetivo também é esperado em cursos de formação docente, tanto na formação inicial quanto continuada, de forma a contribuir para uma formação mais apropriada para o tipo de professor esperado no mundo contemporâneo.

Outro aspecto importante a respeito disso, seria levantar a hipótese de que o professor ao conseguir avançar para o bloco $[\theta/\Theta]$, conseguisse desenvolver nos estudantes a compreensão plena da técnica utilizada, fornecendo a eles a possibilidade de criação, quem sabe, de uma nova técnica para a resolução da mesma tarefa. Nesse contexto, o estudante estaria em uma perspectiva mais ativa diante do seu processo de ensino-aprendizagem e dos próprios saberes envolvidos na situação de aprendizagem a qual foi apresentado.

Entendemos também que o professor possa realizar a inovação curricular e implementá-la pensando exclusivamente no bloco $[T/\tau]$, focalizando esforços de forma que novas tarefas e técnicas possam ser transpostas para a sala de aula. Contudo, ao fazer isso, e conforme já destacado anteriormente, tais esforços apenas contribuiriam para reforçar o caráter da operacionalidade o que não permitiria, a nosso ver, um avanço esperado para o bloco $[\theta/\Theta]$. Em termos da inserção da FMC, prejudicaria, por

exemplo, uma compreensão mais ampla dos fenômenos físicos em sua totalidade, afinal houve uma escolha pelo não emprego dos aspectos da tecnologia e da teoria que justificam a técnica empregada naquela tarefa.

A partir do exposto, podemos representar esquematicamente (figura 7) o esperado avanço entre os blocos, da seguinte maneira:

Figura 7 - Na inovação curricular espera-se um avanço do bloco $[T/\tau]$ para o bloco $[\theta/\Theta]$.

É nessa perspectiva que utilizamos a TAD como um instrumento teórico que permite a identificação da organização praxeológica presente em uma instituição (I), além da determinação das técnicas, tarefas, tecnologias e teorias que acabaram sendo transpostas pelo professor da instituição-universidade (I_U), representado por $[T, \tau, \theta, \Theta]$, para a instituição-escola (I_E), representado por $[T', \tau', \theta', \Theta']$.

Para tornar mais explícita essa intencionalidade, representamos esquematicamente (Figura 8) a seguir essa transposição entre as instituições, da seguinte maneira:

Figura 8 - Transposição das OP da I_U para a I_E sob a luz da TTD e o olhar da VE.

Desse modo, colocamos na pesquisa como hipótese inicial a possibilidade de realizar a transposição das praxeologias entre instituições, acreditando que seria importante ao professor em sua prática docente a identificação dessa ação e, portanto, o emprego consciente da transposição didática e da vigilância epistemológica em acordo

com as expectativas de aprendizagem estipuladas inicialmente, pois, do contrário, as chances de fracasso poderiam atingir níveis indesejáveis.

Todavia, não estamos procurando afirmar que um professor precise conhecer a TTD e/ou a TAD para realizar sua prática docente na escola, mas consideramos como importante que ele tenha a oportunidade de ter contato com essas ferramentas teóricas nos cursos de formação docente, inicial ou continuada. Afinal, isso pode instrumentalizá-lo para uma melhor compreensão do processo complexo de ensino-aprendizagem e ajudá-lo em suas escolhas didáticas.

3.5.2 - O modelo dos momentos didáticos (MD)

Na TAD e no desenvolvimento de um processo de estudo, surge, segundo Chevallard (1999), um conjunto de situações que ele denomina de modelo dos *momentos didáticos* ou *momentos de estudo*.

Segundo o autor, esses momentos²⁹ aparecem estruturados como alguns tipos de tarefa para o estudo que está sendo realizado, sendo possível, assim, o estudo dos sistemas didáticos, a partir do ponto de vista do conhecimento.

Além disso, eles complementam a proposta da TAD ao permitirem a análise do processo de produção de uma organização didática, como Almouloud destaca na seguinte passagem:

Quando se pretende descrever uma organização didática em torno de um objeto matemático, qualquer que seja o caminho desse estudo, certos tipos de situações, momentos de estudo ou momentos didáticos estão necessariamente e, portanto, sempre presentes (ALMOULLOUD, 2010, p. 124).

Nesse contexto, o autor identifica a presença de seis momentos didáticos (primeiro encontro, momento da exploração, momento do trabalho da técnica, momento do bloco tecnológico-teórico, momento da institucionalização e momento da avaliação), alertando para o fato de que eles podem ocorrer simultaneamente, pois como não existe uma sequência pré-definida para sua ocorrência, podem, portanto, repetir-se no decorrer do estudo. A seguir, detalhamos cada um desses momentos.

²⁹ A noção de momento introduzida por Chevallard (1999) na TAD, acaba remetendo, mesmo que de forma aparente, a uma estrutura temporal do próprio processo de estudo, tendo uma dimensão multidimensional, como aponta Almouloud (2010).

O primeiro momento, ou primeiro encontro, é aquele onde se estabelece o contato inicial dos estudantes com a organização praxeológica proposta, por exemplo, pelo professor, materializada através de uma tarefa. Esse encontro pode ocorrer de diferentes maneiras e mais de uma vez, além de permitir uma orientação em termos do desenvolvimento das relações institucionais e pessoais com o objeto.

O segundo momento, ou momento da exploração³⁰, trata do tipo de tarefa a ser analisada e da elaboração de uma técnica que permita a sua resolução. Chevallard (1999) destaca que a elaboração de técnicas é que deverá ocupar posição central em uma atividade, muito mais que a resolução de problemas específicos. A simples resolução de problemas pode ser meio para a elaboração de técnicas, mas não o fim, conforme conclui o autor.

O terceiro momento³¹, ou momento do trabalho da técnica, corresponde a um processo dinâmico e atemporal, onde os estudantes tem a oportunidade de trabalhar com a técnica, avaliando, por exemplo, seu potencial quanto à resolução do problema que lhes foi apresentado. Os estudantes podem, inclusive, verificar o domínio da técnica empregada, bem como os seus limites de aplicação.

Devido a essas características, ocorre ainda nessa etapa uma construção, ainda que embrionária, do bloco tecnológico-teórico referente à técnica empregada. Ele não chega a ser consolidado, mas permite aos estudantes em uma próxima etapa um olhar mais cuidadoso em relação às técnicas aplicadas, bem como a busca de elementos que justifiquem o seu emprego.

Portanto, no quarto momento, ou momento do bloco tecnológico-teórico, ocorre um retorno à técnica para melhorar sua eficiência, podendo-se também trabalhar na tecnologia. É nessa etapa que temos a constituição do entorno tecnológico-teórico visando uma justificação da técnica que foi empregada na resolução do problema e, portanto, a construção do bloco tecnologia/teoria, ou seja, o delineamento do bloco teórico relacionado ao problema investigado.

O quinto momento, ou momento da institucionalização, está relacionado com a organização didática empregada, por exemplo, pelo professor. É nessa etapa onde

³⁰ Ressaltamos ainda que é nesse momento onde o professor tem a oportunidade de orientar os estudantes para que seja constituída, pelos menos parcialmente, uma técnica que, a princípio, possa resolver o problema.

³¹ Almouloud (2011, p. 125) chama a atenção nesse instante, colocando que esse momento em relação ao ensino tradicional, corresponda a primeira etapa do estudo e as tarefas aparecendo como aplicação do bloco tecnológico-teórico.

ocorre o reconhecimento dos elementos que contribuem efetivamente para a organização.

Nessa etapa, os saberes que fizeram parte do estudo em etapas anteriores podem, eventualmente, ser descartados e outros integrados definitivamente a partir da explicação oficial desses conteúdos pelo professor ou pelo estudante, tornando-se parte integrante da cultura da instituição ou da classe, ou seja, os novos elementos podem ser introduzidos pela modificação da relação institucional vigente ou pela criação de uma nova relação institucional.

Chevallard (1999), ao tratar desse momento com um olhar orientado para a área da Educação Matemática, afirma que nele se espera a definição do que é *matematicamente necessário* e do que é *matematicamente contingente* para a solução de um problema.

Assim, é nesse momento onde se procura definir a tecnologia que justifica a técnica empregada na resolução da tarefa para, mais tarde, encontrar a melhor teoria que sirva de alicerce para o delineamento da organização definida a partir dos quatro elementos que constituem uma praxeologia, ou seja, a tarefa/técnica/tecnologia/teoria.

O sexto momento, ou momento da avaliação, é marcado como uma fase onde o professor toma por objeto de estudo as soluções produzidas por seus estudantes. Entretanto, essa avaliação não está centrada apenas nas pessoas, mas também no emprego das técnicas e tecnologias³² envolvidas nesse contexto. Dessa forma, busca-se a validação da organização didática, podendo utilizar diferentes instrumentos de avaliação, ficando a critério do professor, conforme seus objetivos de ensino.

Portanto, segundo Chevallard (1999), os momentos didáticos evidenciam a importância que o professor precisa considerar frente à elaboração de uma organização didática que tem por objetivo o ensino e a aprendizagem de uma organização qualquer, como exemplo, uma organização matemática, ainda que esse trabalho se apresente de forma complexa.

Dessa forma, os momentos didáticos permitem, na pesquisa realizada na tese, uma verificação da maneira como se deu a ação do professor na organização praxeológica física, identificando aspectos que permitem caracterizar a didatização aplicada pelo professor nesse processo e em quais momentos isso ocorreu.

³² Por exemplo, para se avaliar a organização matemática e didática, pode-se definir um conjunto de critérios explícitos que permitirão ao professor e/ou pesquisador afirmarem em qual medida esses critérios são satisfatórios para avaliar a organização estudada.

Pode-se, através dos momentos didáticos, observar se houve um avanço significativo do bloco tarefa/técnica para o bloco tecnologia/teoria, algo conforme já relatado, desejado em situações de inovação curricular, uma vez que nesse contexto consegue-se avançar para discussões acerca da teoria que justifica a tecnologia empregada na situação de aprendizagem elaborada, contribuindo de forma mais significativa para a inserção desses novos saberes no ambiente escolar.

Finalmente, a análise do exercício da vigilância epistemológica nessa situação pode revelar a forma como o professor estipula as tarefas que possibilitam aos estudantes resolverem a situação-problema elaborada inicialmente, e centrada nos objetivos da sua sequência didática e seu respectivo projeto de ensino.

Dessa forma, a TAD e o modelo dos momentos didáticos apresentam-se como ferramentas promissoras para se avaliar as escolhas que um professor realiza no instante em que encara a tarefa de introduzir um novo saber na sala de aula. Porém, ao mesmo tempo, traz com ele uma expectativa de que esse saber possa sobreviver na escola e, ao longo do tempo, adquira características da terapêutica como se faz presente na própria TTD de Chevallard.

CAPÍTULO 4

A METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1 - Introdução

Dentre as pesquisas realizadas na área educacional, constatamos que elas já se ocuparam com diversos temas, sendo mais recorrentes os relacionados ao ensino, à aprendizagem e à relação professor-saber-aluno, visando, principalmente, uma melhor compreensão acerca do processo de ensino-aprendizagem.

Contudo, é também notório o crescimento no número de pesquisas relacionadas com as questões do currículo da Educação Básica, o que tem contribuído de forma significativa para um olhar mais atento à formação dos professores, inicial ou continuada, de forma a estabelecer um projeto formativo de ensino, mais pautado, em princípio, na ação reflexiva e autônoma do professor.

Esse raciocínio pode ser considerado bastante razoável uma vez que caberá aos futuros professores e àqueles que já se encontram em pleno exercício, uma postura de maior reflexividade sobre o currículo vigente e de busca contínua pela formação, de forma a capacitá-lo quanto ao desenvolvimento de novas estratégias de ensino que se convertam, enfim, em boas e efetivas situações de aprendizagem aos seus estudantes.

Contudo, assim como os cursos de formação devem favorecer essa percepção, o currículo de ciências deve de forma similar acompanhar essas necessidades e anseios, o que parece não acontecer. Ou seja, muitas das pesquisas sobre currículo têm apresentado pontos de divergência e convergência, principalmente nos aspectos que se referem às reais necessidades de um currículo que atenda às novas demandas impostas pelo mundo contemporâneo.

Ao mesmo tempo em que pesquisadores discutem esses aspectos, outras demandas emergentes vão se sobrepondo às anteriores, trazendo consigo outras tantas exigências que, de uma forma ou outra, acabam se refletindo direta ou indiretamente nos cursos de formação de professores e, conseqüentemente, em suas práticas diante do novo contexto que se forma.

A esse respeito e sobre a formação de professores de ciências, Pintò acrescenta que:

Os professores de ciências precisam ter conhecimento atualizado para lidar com informação nova assim que estiver disponível. Dominar a informação não só requer uma compreensão de seu conteúdo científico, mas também a habilidade para negociar com os muitos tipos e fontes de informação disponível, estar apto a incorporar inovação (PINTO, 2005, p. 227).

Constata-se, porém, que nas pesquisas realizadas nesse âmbito, algumas têm promovido discussões importantes quanto à necessidade da reformulação e inovação curricular no ensino de ciências (CARVALHO, 2004; PINTO, 2005; CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2014). Outras, entretanto, têm focalizado seu estudo sobre a figura do professor, destacando aspectos ausentes, porém necessários, na sua formação inicial e contínua, além do papel fundamental da pesquisa na formação e na prática desses professores (NUNES, 2000; ANDRÉ, 2001; DELIZOICOV et al., 2002; DEMO, 2011 e 1990).

Ainda sobre os aspectos da reformulação e inovação curricular no ensino de ciências e, especialmente, no ensino de física, pesquisas em nível nacional já demonstraram nas décadas anteriores a existência dessa possibilidade por intermédio da introdução de elementos de física moderna nas aulas de física do Ensino Médio (TERRAZZAN, 1994; MOREIRA e VALADARES, 1998; PINTO e ZANETIC, 1999; OSTERMANN E MOREIRA, 2000; GRECA e MOREIRA, 2001).

Para isso, esses trabalhos já chamaram a atenção para a forma como essa inserção poderia se desenvolver, enquanto outros procuraram diagnosticar as possíveis dificuldades dos professores na introdução desses novos conteúdos relacionados à FMC no Ensino Médio, dentre os quais evidenciaram a necessidade de superação da racionalidade técnica nos processos formativos (NARDI et al., 2009).

Quanto ao aspecto dos estudantes e o contato com esse novos conteúdos, esses autores também procuraram apontar que a possibilidade de inserção da FMC favoreceria a eles uma compreensão mais abrangente dos fenômenos até então observados sob o olhar dos conceitos de uma física limitada, mas eficaz frente aos fenômenos físicos dos séculos passados, porém ineficaz frente aos novos fenômenos e tecnologias presentes nos séculos XX e XXI.

Analisando outros trabalhos, reconhecemos que eles também identificaram essas características, mas foram adiante em relação aos anteriores, contribuindo no desenvolvimento de sequências didáticas sobre a FMC, com temas sobre dualidade onda-partícula (BROCKINGTON, 2005), nanociência e nanotecnologia (SHULZ,

2005), partículas elementares (SIQUEIRA, 2006), física das radiações (SOUSA, 2009) e relatividade restrita (NICOLAU, 2014), possibilitando que esses conteúdos fossem levados efetivamente para as aulas de física no Ensino Médio.

Esses trabalhos, em sua maioria, destacam a emergente necessidade de imprimir ao currículo aspectos inovadores e que, ao mesmo tempo, permitam a sua atualização em resposta às novas demandas que a escola tem e vem enfrentando, reforçando, portanto, as afirmações de Pintò (2005).

Enquanto isso, outras pesquisas em nível internacional se ocuparam com o currículo de ciências investigando as possibilidades de sua reformulação e/ou inovação curricular (HARGREAVES, 1998; STANNARD, 1990; KALMUS, 1992), além do impacto dessas mudanças no próprio ensino de ciências e, em particular, no ensino de física (DAVIS, 2003; CACHAPUZ et al., 2005; PINTÒ, 2005; PINTÓ, COUSO e GUTIERREZ, 2005).

Nessas pesquisas, encontramos indicadores que justificam a dificuldade da realização da reformulação e/ou inovação curricular. Seus autores destacam a esse respeito obstáculos semelhantes aos já diagnosticados em outros trabalhos, ou seja, aspectos relacionados ao caráter dos conteúdos, à falta de uma formação específica inicial dos professores e à falta de materiais adequados. Porém, fazem um alerta para a necessidade de enfrentamento de novos problemas como a criação e adequação de novas práticas de ensino, incorporação de tecnologias na sala de aula, que, embora importantes, trazem consigo mais incertezas, tanto ao professor, quanto ao próprio processo de ensino-aprendizagem, exigindo novos olhares para a formação docente nesse contexto.

Encontramos ainda pesquisas que se dedicaram à discussão da autonomia dos professores e sua formação contínua (NÓVOA, 1991 e 1995). Outras, porém, buscaram retratar os saberes docentes, procurando revelá-los e compreendê-los, verificando como eles estão integrados nas tarefas da profissão, em situações de reformulações e/ou inovação curricular (TARDIF, 2002; TARDIF e LESSARD, 2011; SIQUEIRA, 2012; SHINOMIYA, 2013).

Em documentos oficiais, como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) e os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) e suas Orientações Educacionais Complementares (PCN+), encontramos também justificativas que sustentam esse olhar quanto à reformulação do Ensino Médio, de forma a adequá-lo às reais necessidades de uma sociedade contemporânea:

O novo ensino médio, nos termos da lei, de sua regulamentação e de seu encaminhamento, deixa de ser, portanto, simplesmente preparatório para o ensino superior ou estritamente profissionalizante, para assumir necessariamente a responsabilidade de completar a educação básica. Em qualquer de suas modalidades, isso significa preparar para a vida, qualificar para a cidadania e capacitar para o aprendizado permanente, em eventual prosseguimento dos estudos ou diretamente no mundo do trabalho (BRASIL, 2002, p. 8).

Com essa visão e atentando particularmente para o ensino de física, podemos inferir que sua presença deva assumir diante disso um novo status, inerente ao novo e aclamado Ensino Médio. Com isso, torna-se necessário um currículo escolar também novo, não construído em si mesmo, mas um instrumento para a compreensão do mundo por parte desse jovem estudante, pois “[...] não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir” (BRASIL, 2002, p. 61). Nas pesquisas sobre o currículo de física encontramos elementos que reforçam esse novo status da física na escola média, justificando-o frente às mudanças pelas quais o mundo tem passado em termos social, político, econômico e cultural.

Contudo, essas justificativas também se estendem no âmbito das políticas públicas educacionais, trazendo consequências diretas aos cursos de formação de professores, pois se torna perceptível uma readequação deles frente às reais necessidades de um mundo baseado em uma sociedade da informação, diante de paradigmas metodológicos¹ aos quais os professores necessitam, minimamente, compreendê-los, possibilitando, assim, seu posicionamento frente a eles.

Todavia, apesar do montante de trabalhos e das muitas contribuições que eles proporcionaram, ainda assim, encontramos lacunas que merecem atenção e, portanto, um estudo. Diante disso, destacamos a importância do professor no interior do processo de inovação, uma vez que cabe a ele o reconhecimento do processo de transposição que deve implementar na sala de aula, porém de forma consciente e, preferencialmente, com

¹ Quanto aos paradigmas metodológicos citados estamos nos referindo à visão positivista em contraponto à visão dialética. De forma sucinta, segundo Demo (2002), aponta-se como ponto da discórdia a perspectiva da complexidade não-linear, confrontando-se com visões lineares, consideradas excessivamente formalizantes e simplificadas. O autor ainda reforça tal visão concluindo que no fundo, questiona-se na verdade o estilo excessivo de reducionismo da metodologia positivista, ao postular realidade linear, formal e invariante. Logo conclui que, em geral, a postura linear é positivista, enquanto que a da complexidade seria dialética.

o auxílio de um instrumento teórico² que possibilite um acompanhamento da forma como foi realizada a transposição.

Autores como Pintò (2005) e Pietrocola (2010) chamam a atenção para esse aspecto no âmbito da inovação curricular em física, destacando, de forma geral, que os professores correspondem a uma das partes mais sensíveis de qualquer processo de inovação curricular, principalmente pelo fato de terem que assumir novos riscos nesse contexto. Para prevenir o aparecimento dessa situação, os autores indicam que seria extremamente importante envolver os professores nos projetos de inovação, pois, assim, as chances de sucesso seriam ampliadas, uma vez que os professores não encarariam as mudanças como uma mera imposição.

Embora as investigações sobre o professor, sua formação, concepções e prática docente já venham ocorrendo há algumas décadas, apontando, entre outras coisas, para a necessidade de uma formação contínua e voltada à pesquisa sobre a prática, reconhecemos uma escassez de trabalhos na literatura da área que tenham analisado o professor em termos de praxeologias³.

Ao restringirmos essa discussão em termos das situações de inovação curricular e com a inserção da FMC nas aulas de física na escola média, a lacuna torna-se mais acentuada, o que indica um possível caminho para que pesquisas nessa linha possam ser realizadas e diminuam os questionamentos que foram construídos quanto à figura do professor, sua formação e sua forma de atuação nesse contexto.

Tais considerações evidenciam um cenário, ao menos, desconfortante, uma vez que nos documentos oficiais e políticas públicas voltadas à educação, encontramos elementos que reforcem um olhar mais cuidadoso sobre a formação inicial e continuada do professor, de forma que ele possa refletir em busca da autonomia, além de ousar na inserção de novos elementos (conteúdos, metodologias, experimentos) na sala de aula.

Porém, esses mesmos documentos oficiais e políticas não explicitaram até o momento uma forma clara de acompanhamento dessas novas implementações. Assim, por exemplo, professores de física participantes de um curso de formação continuada ao retornarem às suas escolas acabam, muitas vezes, não recebendo o acompanhamento adequado da forma como essas novas práticas e conteúdos estão sendo transpostos para a escola.

² Estamos nos referindo ao emprego da vigilância epistemológica.

³ As praxeologias mencionadas são aquelas relacionadas à TAD por Chevallard (1999).

Quanto a esse aspecto, Pietrocola (2010) destaca que os professores nesse contexto acabam não realizando as implementações esperadas, principalmente em função dos novos riscos assumidos. Logo, uma opção simples é a manutenção das práticas já consolidadas na sala de aula e conhecidas pelo professor ao longo da sua experiência escolar.

Lamentavelmente, em muitas situações, as políticas públicas e/ou pesquisas que envolvem situações de inovação curricular, acabam minimizando ou desconsiderando o papel central do professor no interior de todo o processo. Isso ocorre porque muitas delas focalizam seus estudos apenas no processo de ensino-aprendizagem, deixando o professor alheio ao processo em andamento.

Esse cenário, portanto, conflitante, tem contribuído para que muitos cursos de formação continuada de professores e que almejam o emprego de inovações no ambiente escolar, acabem fadados ao insucesso antes que possam ser efetivamente colocados em prática, pois desconsideram fatores, a nosso ver, fundamentais. Assim, seria importante que em situações como essa fosse reconhecida a figura essencial do professor, seu projeto de ensino, sua prática docente, suas reflexões, concepções e crenças acerca do ensino e de todo o processo que o envolve, pois, caso contrário, esses cursos não trarão contribuições para mudanças na prática do professor.

Quanto a esse aspecto, Pietrocola (2010) ainda destaca que o professor sente-se, muitas vezes, excluído de fato do processo de inovação. Ou seja, acaba sendo apenas reconhecido como um mero agente passivo dentro daquilo que realiza ou deveria realizar na sala de aula, o que pode contribuir, ainda mais, para um aumento do insucesso desse complexo processo. Isso instiga-nos a uma investigação ainda mais complexa, porém extremamente importante, sobre a prática docente. Nesse caso, ligada à transposição de praxeologias entre dois ambientes distintos: o ambiente acadêmico da universidade e o ambiente de trabalho do professor, ou seja, a escola.

Dessa forma, seria possível evidenciar como os cursos de formação continuada de professores estão interferindo sobre as práticas do professor na sala de aula e, quem sabe, sobre a maneira como ele exercita a ação reflexiva acerca de suas práticas, conforme destaca Feldmann:

As recentes investigações nacionais e internacionais apontam para a necessidade de tomar a prática pedagógica como fonte de estudo e construção do conhecimento sobre os problemas educacionais, ao mesmo tempo que se evidencia a inadequação do modelo racionalista-

instrumentalista⁴ em dar respostas às dificuldades e angústias vividas pelos professores no cotidiano escolar, embora seja esse o paradigma mais presente em nossas escolas (FELDMANN, 2009, p. 75).

Nessa mesma direção, autores como Demo (2011) destacam que o ponto de partida seria, por exemplo, a desconstrução do professor e do estudante. Quanto ao professor isso seria importante, pois na visão comum a atividade central docente é “dar aula”, ignorando-se que a primeira condição da docência é a autoria.

Isso reforça a importância do professor no interior do processo educacional e, de certa forma, central no momento da inovação, como Demo (2011) afirma ao colocar que *“não se pode dar aula de um assunto sobre o qual não se produziu, pois não vêm antes a aula, a didática, a retórica, mas sim a autoria”* (p. 86) .

É com base nessa perspectiva e dimensão que o professor e suas práticas docentes merecem ser consideradas no momento da implementação da inovação, para que o professor possa se tornar um agente ativo, criativo, autor e coautor de sua prática, utilizando-se conscientemente de uma vigilância epistemológica (VE) no processo de didatização e de organização praxeológica, assim como propõe Chevallard em sua TTD e TAD.

Diante disso, analisamos através da presente pesquisa, como se deu a transposição de praxeologias no contexto da inovação curricular e inserção da FMC. Para isso, estudamos o processo de construção de uma sequência didática elaborada por um professor da Rede Pública Estadual e relacionada à temática da dualidade onda-partícula para alunos da 3ª Série do Ensino Médio, delineada durante a realização de um curso de formação continuada.

A análise dessas praxeologias transferidas pelo professor de uma instituição para outra, os saberes que foram didatizados de forma a promover essa implementação na sala de aula e como o professor exerceu a VE durante a sua prática docente, são analisados sob a luz da TTD e da TAD, pois, conforme já apresentamos, essas teorias se comportam como instrumentos teóricos adequados na verificação do fenômeno estudado.

Todavia, em uma pesquisa é necessário confrontar os dados, as evidências encontradas, as informações coletadas sobre o objeto de estudo e o conhecimento teórico a respeito dele. Logo, é necessário escolher uma metodologia de pesquisa que

⁴ No modelo racionalista-instrumentalista, baseado na concepção positivista de ciência, o ensino se faz a partir de ideias e modelos extraídos de várias ciências, tornando quase sempre o professor um aplicador desses modelos às situações concretas encontradas no cotidiano escolar.

seja adequada ao problema que está sendo estudado. Assim, apresentamos, a seguir, os critérios utilizados para a escolha da metodologia empregada na tese.

4.2 - A escolha da metodologia da pesquisa

Desde que as pesquisas em educação se tornaram reconhecidamente uma área de interesse aos pesquisadores em buscar uma melhor compreensão acerca do processo de ensino e das variáveis relacionadas a ele (aprendizagem, avaliação, currículo e contexto), reconhecemos na literatura o emprego de duas abordagens que, de certa forma, têm predominado nas pesquisas em educação: a quantitativa e a qualitativa.

Cada abordagem apresenta características e especificidades que alguns autores (TRIVIÑOS, 1987; BOGDAN e BIKLEN, 1994; STRAUSS e CORBIN, 2008; FLICK, 2009; CRESWELL, 2010 e 2014; MOREIRA, 2011; GIL, 2012; LÜDKE e ANDRÉ, 2013) já se ocuparam em esmiuçá-las e relacioná-las quanto a sua aplicabilidade nas pesquisas em ciências sociais e, particularmente, nas pesquisas em educação.

Esses autores têm procurado estabelecer relações entre essas abordagens, comparando o grau de profundidade que elas permitem frente ao objeto de estudo, com uma análise crítica em relação aos critérios de validade e de fidedignidade⁵ dos dados analisados através de cada enfoque. Além disso, eles têm procurado verificar as possíveis compatibilidades e incompatibilidades entre essas abordagens, ou ainda, quanto à possibilidade de emprego de ambas de maneira complementar ao longo da pesquisa.

Considerando-se as singularidades da pesquisa focalizada em analisar as organizações praxeológicas e o exercício da vigilância epistemológica no contexto particular da inovação curricular, acabamos reconhecendo-a como uma pesquisa do tipo *qualitativa*.

A respeito dessa forma de pesquisa, Strauss e Corbin apresentam a seguinte reflexão:

⁵ O conceito de fidedignidade refere-se à possibilidade de um instrumento de coleta de dados, ao ser aplicado mais de uma vez à mesma amostra, produzir consistentemente os mesmos resultados. Trata-se de um conceito muito associado às pesquisas quantitativas. Segundo Gil (2012) não se aplica, portanto, aos estudos de caso, pois nestes e, assim como nas demais pesquisas qualitativas, não são utilizados instrumentos padronizados para coletas de dados. Entretanto, outros autores como Moreira (2011) discutem o emprego da fidedignidade também nas pesquisas qualitativas como forma de qualificar melhor essa metodologia de pesquisa em educação.

Com o termo pesquisa qualitativa queremos dizer qualquer tipo de pesquisa que produza resultados alcançados através de procedimentos não alcançados através de procedimentos estatísticos ou de outros meios de quantificação. Pode se referir à pesquisa sobre a vida das pessoas, experiências vividas, comportamentos, emoções e sentimentos, e também à pesquisa sobre funcionamento organizacional, movimentos sociais, fenômenos culturais e interações entre nações. Alguns dados podem ser quantificados, como no caso de censo ou de informações históricas ou objetos estudados, mas o grosso da análise é interpretativa (STRAUSS e CORBIN, 2008, p. 23).

Portanto, apoiando-nos nas reflexões desses autores e traçando um paralelo com o objeto da pesquisa, consideramos que o enfoque escolhido atenda às necessidades metodológicas presentes na investigação, uma vez que após o levantamento das praxeologias transpostas pelo professor, é necessário o emprego de uma análise interpretativa sobre os dados obtidos em relação ao referencial teórico escolhido, nesse caso, a TTD e a TAD de Chevallard.

Além disso, argumentos favoráveis ao uso desse tipo de pesquisa em educação podem ser encontrados com grande ênfase nos trabalhos de Triviños (1987), Bogdan e Biklen (1994), Creswell (2010 e 2014), Lüdke e André (2013). Esses autores defendem o uso desse tipo de pesquisa de forma a contribuir para uma melhor compreensão acerca do comportamento humano em um determinado local, por exemplo, na escola, a partir de observações realizadas no próprio local, de forma que a investigação possa fornecer ao investigador as respostas às questões de pesquisa.

Quanto aos interesses que os investigadores manifestam quando optam pelo emprego de uma abordagem qualitativa na pesquisa, Bogdan e Biklen sinalizam que:

O objetivo dos investigadores qualitativos é o de melhor compreender o comportamento e experiência humanos. Tentam compreender o processo mediante o qual as pessoas constroem significados e descrever em que consistem estes mesmos significados. Recorrem à observação empírica por considerarem que é em função de instâncias concretas do comportamento humano que se pode refletir com maior clareza e profundidade sobre a condição humana (BOGDAN e BIKLEN, 1994, p. 70).

Percebemos que esses autores valorizam as dimensões relacionadas às características antropológicas e sociológicas presentes na área educacional e que acabam sendo reconhecidas na pesquisa qualitativa, pelos investigadores que a empregam em seus estudos.

Outros autores, como Triviños (1987), contribuem para a consolidação dessa linha de pensamento. A esse respeito, o autor afirma que:

[...] ao que parece, muitos autores compartilham o ponto de vista de que a pesquisa qualitativa tem suas raízes nas práticas desenvolvidas pelos antropólogos, primeiro e, em seguida, pelos sociólogos em seus estudos sobre a vida em comunidades. Só posteriormente irrompeu na investigação educacional (TRIVIÑOS, 1987, p. 120).

Desse modo, considerando que nossa pesquisa está focalizada na ação docente e nas práticas transpostas entre diferentes instituições, acreditamos que a escolha dessa forma de abordagem seja adequada, principalmente pelos aspectos descritivos e interpretativos que podem ser analisados por essa forma de investigação e que se encontram presentes em uma praxeologia associada a uma determinada instituição. Além disso, a opção por essa abordagem pode contribuir com elementos para a verificação dos componentes antropológicos presentes na prática docente, ou nos termos da TAD de Chevallard, na identificação das organizações praxeológicas presentes na instituição onde o professor exerce suas atividades.

Baseando-nos em Triviños (1987) e Lüdke e André (2013), podemos destacar as características centrais dessa forma de metodologia de pesquisa em relação aos dados da pesquisa e em relação ao posicionamento do pesquisador que a emprega. Segundo esses autores, essas características podem ser descritas da seguinte maneira:

- a pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento;
- a pesquisa qualitativa é rica em dados descritivos;
- a pesquisa tem um plano aberto e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada;
- os pesquisadores qualitativos estão preocupados com o processo e não simplesmente com os resultados e o produto;
- a análise dos dados tende a seguir um processo indutivo;

- o significado que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial do pesquisador.

Outros autores como Moreira (2011), acrescentam a essas características uma dimensão relacionada com a realidade socialmente construída no seu entorno. Sobre esse aspecto, o autor sinaliza que:

O interesse central dessa forma de pesquisa está em uma interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos à suas ações em uma realidade socialmente construída, através de observação participativa, isto é, o pesquisador fica imerso no fenômeno de interesse. Os dados obtidos por meio dessa participação ativa são de natureza qualitativa e analisados de forma correspondente (MOREIRA, 2011, p. 76).

O passo seguinte à classificação da pesquisa qualitativa acaba sendo a realização de sua caracterização quanto à forma, ou seja, o seu enquadramento dentre as formas de pesquisas qualitativas existentes.

Para isso, utilizamo-nos de critérios que estão respaldados nos trabalhos de Triviños (1987), Merriam (1988 e 1998), Yin (2005), Martins (2008), Gil (2009) e Lüdke e André (2013). A partir deles, delineamos a pesquisa com sendo um *estudo de caso*⁶. Mais adiante, apresentamos os critérios que permitiram tal enquadramento.

Contudo, cabe ressaltarmos que na literatura específica da área, esses autores discorrem sobre as características gerais dos estudos de caso, apontando entre outras coisas que essa modalidade de investigação envolve sempre um olhar específico no interior de um ambiente ou contexto contemporâneo da vida real (YIN, 2005).

Triviños (1987) e Gil (2009), por exemplo, compartilham dessa ideia, enquanto outros como Merriam (1988 e 1998) apresentam essa forma de pesquisa qualitativa como uma estratégia de investigação, uma metodologia ou uma estratégia de pesquisa abrangente quanto a um objeto específico, colocando o pesquisador num grande oceano não mapeado.

Isso, de certa forma, acaba reforçando as colocações empregadas por André (2005) em seu trabalho, quando destaca que:

⁶ Podemos destacar além do estudo de caso, outras formas de pesquisas qualitativas muito empregadas em educação como a etnográfica, a pesquisa-ação e a pesquisa participante. Cada forma de pesquisa qualitativa apresenta características que são únicas e que, portanto, permitem classificá-las quanto a um tipo e não outro. Em Bogdan e Biklen (1994) são apresentadas essas características diferenciadoras.

O estudo de caso é utilizado, há muito tempo, em campos como o direito, a medicina, a psicologia e a administração. Porém, na pesquisa educativa, o uso dessa metodologia é mais recente e dentro de uma concepção bastante restringida, ou seja, o estudo descritivo de uma unidade que pode ser uma escola, um professor, um aluno ou uma aula (ANDRÉ, 2005, p. 21).

Como a pesquisa focalizou-se sobre um único indivíduo⁷, as ideias do autor nos fazem crer que esse indivíduo, em função de suas características e peculiaridades, contenha especificidades que o tornem merecedor de uma investigação que contemple, como um dos principais objetivos, um maior aprofundamento e melhor detalhamento dos aspectos relacionados à sua formação, prática, história de vida, dentre outros elementos, passando, portanto, a se tornar o objeto de estudo dessa pesquisa qualitativa do tipo estudo de caso.

Assim, tornou-se necessário destacar os critérios que permitem classificar uma pesquisa qualitativa como sendo um estudo de caso. Para isso, apoiamo-nos em Triviños (1987), Gil (2009) e Lüdke e André (2013), que sinalizam as características gerais para identificação dessa forma de pesquisa. A seguir, essas características são descritas resumidamente:

- os estudos de caso correspondem a um delineamento de pesquisa e, dessa forma, não podem ser confundidos com métodos, técnicas, estratégias ou táticas para coletas de dados;
- esses estudos preservam um caráter unitário do fenômeno pesquisado, ou seja, a unidade-caso é estudada como um todo, podendo ser construída por um indivíduo, um grupo, um evento, um programa, um processo, uma comunidade, uma organização, uma instituição social ou mesmo por toda uma cultura;
- os estudos procuram investigar um fenômeno contemporâneo, podendo levar em consideração múltiplos condicionamentos históricos, sendo que o objeto de estudo é um fenômeno cuja ocorrência se dá no momento em que se realiza a pesquisa;

⁷ Mais adiante serão apresentadas, de forma mais clara, as razões que motivaram a escolha desse indivíduo na pesquisa, ou seja, a escolha de um professor como sendo o *estudo de caso qualitativo*. Esse termo também é cunhado nos trabalhos de Lüdke e André (2013).

- durante os estudos de caso não se separa o fenômeno do seu contexto, isto é, os estudos de caso diferem de outros delineamentos, como o experimento e o levantamento, pois esses de forma geral, deliberadamente restringem o número de variáveis a serem estudadas com vistas à sua viabilização;
- os estudos de caso enfatizam a interpretação em contexto, ou seja, nesse tipo de estudo é necessário levar em conta o contexto em que ele se situa;
- o estudo de caso é um estudo em profundidade que busca, portanto, retratar a realidade de forma completa, utilizando-se de múltiplos instrumentos⁸ e procedimentos padronizados para coleta de dados;
- estudos de casos procuram representar os diferentes e, às vezes, conflitantes pontos de vista presentes numa situação social.

Entretanto, preocupações quanto ao emprego dessa forma de pesquisa qualitativa existem na literatura da área. Algumas delas são apontadas por Lüdke e André (2013) em relação ao campo da educação. A esse respeito, as autoras afirmam que:

O estudo de caso é o estudo de *um* caso, seja ele simples e específico, como o de uma professora competente de uma escola pública, ou complexo e abstrato, como das classes de alfabetização (CA) ou do ensino noturno. O caso é sempre bem delimitado, devendo ter seus contornos claramente definidos no desenrolar do estudo. O caso pode ser similar a outros, mas é ao mesmo tempo distinto, pois tem um interesse próprio, singular (LÜDKE e ANDRÉ, 2013, p. 20, destaque do autor).

Outro elemento importante nessa forma de pesquisa e que Martins (2006) destaca é que todo estudo de caso deve possuir alguns predicados para que seja merecedor de tal atenção, apontando que “[...] *é necessário que o que o pesquisador busca pesquisar utilizando-se dessa metodologia, seja importante. Isso se dá quando é original e revelador, eficaz, suficiente e relatado de maneira atraente*” (p. 2).

⁸ Mais adiante, serão apresentados os instrumentos de coletas de dados empregados no estudo de caso. Tais instrumentos estão apoiados na técnica da triangulação dos dados, ou seja, no uso de gravação em áudio e vídeo, análise de documentos e entrevistas semi-estruturadas.

Convém ressaltar que nessa abordagem de investigação o pesquisador não pretende intervir sobre a situação, mas quer conhecê-la tal como ela lhe surge. Para tanto, pode valer-se de uma grande variedade de instrumentos e estratégias.

No entanto, um estudo de caso não tem que ser unicamente descritivo. Pode confrontar a situação com outras já conhecidas e com teorias já existentes. Pode, portanto, ajudar a gerar novas teorias e questões para futuras investigações.

Porém, um questionamento surge naturalmente quando optamos por essa estratégia de investigação: como ocorre o desenvolvimento de um estudo de caso?

A esse respeito, autores como Yin (2005) e Gil (2009) caracterizam o desenvolvimento do estudo de caso em três fases. A primeira, aberta ou exploratória; a segunda, mais sistemática em termos de coleta de dados e, a terceira, consistindo na análise e interpretação sistemática dos dados e, finalmente, elaboração do relatório. Os autores ainda apontam que em muitos momentos essas fases se superpõem, tornando-se difícil precisar as linhas que as separam.

Mediante o cenário apresentado, a pesquisa empregada na tese foi classificada como uma *pesquisa qualitativa*, do tipo, *estudo de caso*, e, portanto, seguiu para uma das etapas mais importantes em qualquer forma de pesquisa, a etapa da coleta de dados. A seguir, apresentamos a técnica empregada nessa etapa. Para isso, respaldamo-nos no trabalho de Triviños (1987) e a técnica da triangulação.

4.3 - A coleta de dados⁹ e a técnica da triangulação

Toda pesquisa se utiliza de instrumentos para realizar a coleta de dados visto que eles são indispensáveis à compreensão da realidade investigada. Diante disso, alguma técnica de pesquisa é empregada. Conforme destacam Marconi e Lakatos (2007), *técnica é um conjunto de preceitos ou processos de que se serve uma ciência ou arte; é a habilidade para usar esses preceitos ou normas, a parte prática. Toda ciência utiliza inúmeras técnicas na obtenção de seus propósitos* (p. 176). Assim, existem várias formas e técnicas de coletar dados de pesquisa e isso ocorre porque há muitas

⁹ Em seu livro, Triviños (1987, p. 141) procura fazer uma distinção entre os termos “dados” e “materiais”, termos estes empregados em uma pesquisa qualitativa, e aponta que o autor Lofland (1971) sugere que os pesquisadores qualitativos deveriam usar “materiais” ao invés de “dados”, pois para ele o último termo está carregado de conotações positivistas. Assim, “dado” seria o que pode ser medido, quantificado, enquanto a palavra “materiais” seria mais ampla, menos comprometida com a quantificação e serviria, assim, melhor aos objetivos e características da pesquisa qualitativa. Neste trabalho, usaremos indistintamente “dados” e “materiais” para nos referirmos a todo tipo de informações que o pesquisador reúne e analisa para estudar determinado fenômeno.

possibilidades quanto aos próprios instrumentos de pesquisa. A escolha do instrumento é de competência do pesquisador e deve ser levado em conta o tipo de estudo e os objetivos pretendidos. Qualquer que seja o instrumento a ser utilizado, este deve ser bem elaborado e dimensionado para que o resultado esperado seja alcançado.

Em uma pesquisa qualitativa o processo de aquisição dos dados pode envolver diversas técnicas, como a observação, entrevistas, questionários, discussões em grupos focais, uso de fotografias, gravações em áudio e vídeo, entre outras. Todavia, qualquer que seja o processo de coleta de dados, em geral, as pesquisas qualitativas geram enorme quantidade de informações que precisam ser organizadas. A ideia básica é, portanto, identificar nessas informações, categorias, padrões e relações, de forma a desvendar seu significado por meio de uma análise interpretativa e da comparação dos resultados com outras pesquisas e referenciais teóricos.

Quanto aos estudos de caso, estes requerem a utilização de múltiplas técnicas de coleta de dados. Isto se faz necessário de forma a garantir a profundidade necessária ao objeto de estudo e à inserção do caso em seu contexto. Esse procedimento também permite conferir maior credibilidade e validade aos resultados obtidos.

Refletindo sobre as praxeologias e o exercício da vigilância epistemológica, as perguntas que pretendemos analisar são aquelas que dizem respeito à versão autorizada que o professor se utiliza na preparação da sua sequência didática no contexto da inovação curricular, ou seja, as praxeologias transpostas pelo professor entre instituições e o emprego consciente ou não da VE. Dessa forma, optamos por fazer a tomada de dados de diversas maneiras, acreditando que, com isso, possamos obter um número suficiente de informações para análise.

Para isso, utilizamo-nos de três instrumentos para a obtenção dos dados: a gravação em áudio e vídeo das aulas presenciais ministradas pelo professor, a análise de documentos e, por último, uso da entrevista semiestruturada com o professor, assumindo que quando uma das técnicas não forneça dados de maneira satisfatória, os demais instrumentos possam suprir essa deficiência.

Além disso, utilizando-se dessa triangulação na coleta de dados, efetuamos uma tentativa de minimização das possíveis interferências dentro do processo de investigação, uma vez que os dados coletados são predominantemente descritivos e sua análise tende a seguir um processo indutivo e, portanto, dependente da qualidade dos dados obtidos.

Mais uma vez encontramos em autores como Yin (2005), elementos que sustentam a utilização desses instrumentos de coleta e o seu emprego nesse contexto:

[...] a coleta de dados no estudo de caso pode ser feita, principalmente, a partir de seis fontes de evidência – documentos, registros em arquivos, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos físicos – que podem ser combinadas de diferentes formas. Assim, partindo das fontes de evidência citadas anteriormente, é possível reuni-las em três grupos principais: observação, entrevistas e documentos (Yin, 2005, p. 32).

Com isso, a obtenção dos dados na pesquisa foi baseada na técnica da triangulação. Diante do uso dessa técnica, Sturman comenta que:

[...] pode envolver o uso de diferentes fontes de dados, diferentes perspectivas ou teorias, diferentes pesquisadores ou diferentes métodos, sendo uma resposta holística à questão da fidedignidade e da validade dos estudos interpretativos e uma estratégia central para alcançar credibilidade (STURMAN, 1988, p. 65).

Triviños (1987) apresenta elementos que reforçam a visão desse autor, apontando que tais preocupações estão relacionadas com a busca pela credibilidade e respectivo aprofundamento na questão em estudo:

A técnica da triangulação dos dados tem por objetivo básico abranger a máxima amplitude na descrição, explicação e compreensão do foco em estudo. Parte de princípios que sustentam que é impossível conceber a existência isolada de um fenômeno social, sem raízes históricas, sem significados culturais e sem vinculações estreitas e essenciais com uma macro realidade social (TRIVIÑOS, 1987, p. 138).

Ressaltamos, entretanto, que a técnica de triangulação não é uma estratégia típica da pesquisa qualitativa, porém também não é uma estratégia considerada nova. Essa técnica simplesmente possibilita ao pesquisador o uso de múltiplas medições e métodos, de modo que se superem as debilidades inerentes ao uso de um único método ou um único instrumento, conforme aponta Denzin (1998).

Durante a investigação procuramos lidar principalmente com o professor e as transposições que realizou para a sala de aula, centrada na identificação das praxeologias envolvidas nesse processo. Entretanto, um aspecto inerente a todo esse processo e que aparentemente não foi considerado foi o da aprendizagem.

Todavia, em nenhum momento esse aspecto foi deixado de lado, afinal, ele é intrínseco ao processo de ensino, e embora não seja objeto de estudo da pesquisa, foi de fundamental importância para o delineamento da sequência didática elaborada pelo professor, que quer no final das contas a promoção de condições para uma melhor aprendizagem dos estudantes.

Assim, acreditamos que o professor tenha que exercitar o uso da criatividade didática no desenvolvimento das atividades, situações de aprendizagem e problematizações de forma que elas permitam, entre outras coisas, o estabelecimento de discussões, construção de hipóteses pelos estudantes e, finalmente, reflexões acerca dos novos saberes que estão sendo levados para as aulas de física.

4.3.1 - Descrição dos instrumentos de coleta de dados

Na realização da pesquisa optamos pela gravação em áudio e vídeo das aulas presenciais, pela análise de documentos e pelo uso de uma entrevista semiestruturada, de forma que a partir desses instrumentos fosse possível obter a profundidade desejada na unidade-caso e a sua inserção no contexto da questão investigada.

Além disso, com a existência de dados obtidos mediante procedimentos diversos é que se torna possível a realização dessa triangulação, que se constitui como um dos procedimentos mais indicados para obter a corroboração do fato ou fenômeno, como afirma Gil (2009).

A seguir, descrevemos o uso desses instrumentos, suas características e os objetivos pretendidos com cada um deles:

- **Gravação em áudio e vídeo**

Esse instrumento caracterizou-se como um dos primeiros a ser empregado na coleta de dados da pesquisa, uma vez que permitiria um registro cuidadoso dos acontecimentos ocorridos nas aulas presenciais ministradas pelo professor a partir da sua sequência didática sobre dualidade onda-partícula. Logo, houve uma grande preocupação com a obtenção da autorização de uso de imagem, voz e cessão de direitos

do professor e dos estudantes participantes das gravações. O modelo da autorização¹⁰ encontra-se nos anexos da tese (Anexo 3).

Para a obtenção das autorizações dos estudantes, o professor intermediou junto à direção da escola o contato com as famílias, solicitando delas a devida liberação para uso exclusivo em uma pesquisa de ensino, em nível de doutorado, esclarecendo que todos os registros, fossem eles escritos, de imagem ou de voz, seriam utilizados exclusivamente para esses fins. Quanto ao professor, o requerimento da sua autorização para a gravação das suas aulas se deu na fase inicial de conversa sobre a proposta da pesquisa, sendo atendida por ele prontamente e sem qualquer empecilho.

A etapa seguinte foi marcada por uma preocupação relacionada quanto à forma como seria feita a captação do áudio e vídeo dos estudantes e do professor, de forma que esses registros captados no ambiente escolar apresentassem uma qualidade suficientemente adequada para que pudessem, posteriormente, permitir a análise das questões traçadas na pesquisa.

Devido a isso, as gravações se estenderam a dois ambientes distintos, o do laboratório de informática da escola e a própria sala de aula. Essa escolha se deu devido a uma opção do próprio professor, conforme o dia da gravação da aula e visando melhores condições para realização de seu registro e, ainda, devido às características da aula a ser trabalhada, como por exemplo, o uso do simulador virtual no computador.

Nos locais de gravação tivemos a presença de duas câmeras. A primeira foi mantida em um ponto não fixo da sala, de forma que conseguisse captar todos os estudantes e, principalmente, o professor, enquanto a outra se manteve em um grupo de referência.

A responsabilidade pelas gravações das aulas ficou a cargo de um professor de ciências da Escola de Aplicação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FEUSP). Essa escolha feita pelo pesquisador ocorreu, principalmente, pela sua indisponibilidade de horário para realizar as gravações, pois no período das aulas do professor participante da pesquisa, o pesquisador estava exercendo também outras obrigações pedagógicas.

Contudo, como o professor responsável pelas gravações já havia realizado alguns trabalhos semelhantes em outras pesquisas de ensino, tivemos apenas que orientá-lo a respeito do que gostaríamos que fosse registrado nas gravações das aulas. Assim,

¹⁰ O modelo está respaldado na lei n. 9.610/98.

através de reuniões previamente agendadas, conseguimos, em conjunto, traçar as diretrizes a respeito dos registros que seriam feitos em relação ao grupo de estudantes e, principalmente, o professor e sua ação durante as aulas. Após as gravações terem sido realizadas, constatamos que a qualidade delas atenderam às expectativas iniciais.

Diante disso, acreditamos que o investimento nesse instrumento foi bastante consistente, o que fica constatado na possibilidade de identificação das praxeologias utilizadas pelo professor no tratamento dos conteúdos por ele didatizados através dos registros realizados. Com isso, os episódios de aula utilizados para análise das atividades da sequência didática de dualidade onda-partícula, bem como as discussões em decorrência dessas atividades e, finalmente, os instantes de sistematização dos conteúdos, seriam, a nosso ver, os principais alvos de análise a partir dos referenciais da TTD e da TAD de Chevallard.

- **Análise de documentos**

Quando nos reportamos à análise de documentos estamos, na verdade, referindo-nos à produção escrita dos estudantes e as sequências didáticas elaboradas pelo professor. Dessa forma, foram utilizados os trabalhos, exercícios e avaliações, produzidos individualmente ou em situações de trabalho em grupo.

Sobre o uso desse instrumento de coleta, Lüdke e André destacam o seguinte:

Embora pouco explorada não só na área de educação como em outras áreas de ação social, a análise documental pode se constituir numa técnica valiosa de abordagem de dados qualitativos, seja complementando as informações obtidas por outras técnicas, seja desvelando aspectos novos de um tema ou problema (LÜDKE e ANDRÉ, 2013, p. 45).

Com esse instrumento dispomos de um material que possa servir de forma a rever as conclusões que foram elaboradas pelos estudantes nos momentos de discussão que aconteceram no desenvolvimento das atividades da sequência didática. Além disso, esse instrumento pode revelar a maneira como os estudantes, possivelmente, pensaram e estruturaram os conceitos apresentados, além de um acompanhamento mais próximo de como está se constituindo o processo de aprendizagem deles.

- **Entrevista semiestruturada**

A entrevista é um excelente instrumento de pesquisa e é largamente usada no mundo das organizações, com múltiplas finalidades. Embora existam algumas críticas quanto ao emprego de entrevistas, existem outras tantas favoráveis ao seu uso, pois ela tem se mostrado um grande aliado dos pesquisadores e, desde que usada com critérios técnicos, os resultados são satisfatórios, como destaca Manzini (2003).

O autor ainda salienta a importância da entrevista semiestruturada e do planejamento da coleta de informações por meio da elaboração de um roteiro com perguntas que atinjam os objetivos pretendidos. O roteiro serviria, então, além da coleta das informações básicas, como um meio para o pesquisador se organizar para o processo de interação com o entrevistado.

Assim, optamos pela utilização de uma entrevista semiestruturada, pois acreditamos que ela pudesse trazer contribuições relevantes às questões iniciais apresentadas, além de uma valorização da presença do objeto de investigação, ou seja, o professor.

A esse respeito, autores como Triviños argumentam que:

Podemos entender por entrevista semiestruturada, em geral, aquela que parte de certos questionamentos básicos, apoiados em teorias e hipóteses, que interessam à pesquisa, e que, em seguida, oferecem amplo campo de interrogativas, fruto de novas hipóteses que vão surgindo à medida que se recebem as respostas do informante. Desta maneira, o informante, seguindo espontaneamente a linha de seu pensamento e de suas experiências dentro do foco principal colocado pelo investigador, começa a participar na elaboração do conteúdo da pesquisa (TRIVIÑOS, 1987, p. 146).

Triviños (1987) afirma ainda que *a entrevista semiestruturada favorece não só a descrição dos fenômenos sociais, mas também sua explicação e a compreensão de sua totalidade, tanto dentro de sua situação específica como de situações de dimensões maiores* (p. 152).

Complementando essa visão, Lüdke e André consideram que:

A grande vantagem da entrevista sobre outras técnicas é que ela permite a captação imediata e corrente da informação desejada, praticamente com qualquer tipo de informante e sobre os mais variados tópicos. Uma entrevista bem feita pode permitir o tratamento de assuntos de natureza estritamente pessoal e íntima, assim como

temas de natureza complexa e de escolhas nitidamente individuais. Pode permitir o aprofundamento de pontos levantados por outras técnicas de coleta de dados de alcance mais superficial, como o questionário (LÜDKE e ANDRÉ, 2013, p. 39).

Desse modo, realizamos uma entrevista semiestruturada com o professor aplicador da sequência didática de dualidade onda-partícula logo após a sua fase de aplicação na escola. A entrevista teve duração de aproximadamente 45 minutos. Nela buscamos fundamentalmente o levantamento das impressões desse professor acerca das características da sua sequência didática e da aplicação realizada em sala de aula em termos de aspectos gerais.

Com isso, procuramos identificar os elementos que nortearam sua elaboração, seus aspectos positivos e negativos, dificuldades encontradas em sua implementação e as condições de contorno utilizadas. Tentamos ainda identificar os elementos nos quais o professor se apoiou para que pudesse realizar a didatização dos saberes até que eles fossem, por meio da sequência didática, levados para a sala de aula.

De posse das informações obtidas através dos instrumentos de coleta de dados e utilizando-nos dos referenciais teóricos, partimos para a identificação da praxeologia utilizada pelo professor em sua prática docente em relação ao curso de formação continuada que realizou, e se nesse processo houve o exercício da vigilância epistemológica no contexto da inovação.

4.3.2 - Caracterização do local de aplicação

As gravações das aulas ocorreram em uma escola da Rede Pública Estadual de Sorocaba, município situado próximo à cidade de São Paulo. Essa escola dispõe de turmas do Ensino Fundamental dos anos finais (6º ao 9º ano) e de turmas do Ensino Médio. As gravações ocorreram no período de outubro de 2012 a dezembro de 2012, ou seja, no período correspondente ao último bimestre do ano letivo.

Coube a um professor efetivo de física dessa escola a elaboração e aplicação da sequência didática sobre a temática da dualidade onda-partícula. As turmas envolvidas nas gravações foram duas da 3ª série do Ensino Médio Regular, denominadas de A e B, ambas do período noturno e pertencentes à modalidade regular.

A aplicação da sequência aconteceu no horário normal das aulas do período noturno, sempre às 3ª, 4ª e 5ª feiras, em aulas de 45 minutos. A aplicação ficou

condicionada a dois locais: a sala de aula normal e o laboratório de informática da escola, conforme já mencionado, uma vez que a escola não dispunha de laboratórios de física, química ou biologia.

A escola apresentava naquele período uma direção considerada rígida pelos estudantes, pais e pelo próprio corpo docente da escola, o que segundo o professor aplicador da sequência, vinha contribuindo para a manutenção de um nível adequado de disciplina e de organização escolar em geral. Ainda, segundo ele, quando algo acontecia na rotina escolar e que transgredisse as regras estabelecidas, como exemplo, casos de indisciplina, essas situações eram tratadas quase que imediatamente. Na ocorrência de casos mais graves, os pais chegavam a ser convocados. Em situações mais extremas ainda, o conselho da escola era convocado para que a decisão da punição pudesse ser escolhida e imposta, o que tornava a rotina escolar mais simples de ser administrada pela equipe gestora.

O professor ainda destacou que a cidade de Sorocaba fica em um distrito industrial, o que acaba tendo pais mais engajados e preocupados com a educação dos filhos pela maior preocupação com a questão de emprego em um futuro próximo e a qualificação necessária. Isso pode ser constatado nas reuniões de pais e mestres, onde o número de pais presentes sempre se mostrou bastante numeroso, ainda que os estudantes estivessem cursando o último ano do Ensino Médio.

Quanto ao rendimento da escola em provas como a do SARESP¹¹, o resultado alcançado tem sido considerado mediano em relação às demais escolas da região. Quanto à evasão escolar, o número tem se mantido relativamente baixo, embora essa fosse uma preocupação constante da equipe de professores e da equipe gestora, principalmente por se tratar de uma escola bem conceituada pela comunidade e pelos estudantes.

Quanto à estrutura física, a escola apresenta uma infraestrutura básica para uma escola que atende a um público voltado ao Ensino Fundamental e Ensino Médio, embora não exista a disponibilidade de um laboratório. Por outro lado, o laboratório de informática está em pleno uso e com dificuldades de organização dos horários de sua utilização, devido à grande procura dos professores e estudantes. Nos últimos anos

¹¹ O Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo (SARESP) é uma prova aplicada anualmente, desde 1996, pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEE/SP) para avaliar o Ensino Básico na Rede Estadual. A partir de 2007 passou a utilizar a mesma metodologia dos exames nacionais (SAEB e Prova Brasil), o que permitiu a comparação de resultados, que são utilizados para calcular o Índice de Desenvolvimento da Educação do Estado de São Paulo (IDESP).

também tem se realizado uma campanha na escola para que o patrimônio seja mantido e conservado, o que segundo o professor aplicador, de certa forma tem ocorrido, apesar de uma ou outra pequena ocorrência em termos de pichações nos espaços dos banheiros.

4.3.3 - Caracterização das turmas

As turmas da 3ª série do Ensino Médio A e B participantes da pesquisa eram constituídas por 40 estudantes¹² na lista piloto, isto é, 40 estudantes matriculados com os nomes presentes no diário de classe, dos quais, 36 em média participaram das gravações efetivamente.

As turmas apresentavam comportamentos bastante distintos, porém com algumas semelhanças e, conforme a visão do professor e compartilhada por outros professores das turmas, um tanto apáticas e de aprendizagem considerada mediana. Entretanto, as turmas dispunham de estudantes que se engajavam na execução das atividades propostas.

Essa característica, embora importante para a aplicação da sequência didática, não foi o fator determinante para a escolha das turmas de aplicação. Entendemos que os principais motivos foram o fato de que essas turmas mantinham praticamente o mesmo número de estudantes nas aulas e que o professor aplicador já as conhecia há pelo menos por dois anos, ou seja, já havia trabalhado com elas nesse período.

Isso, de certa forma, contribuiu para a aplicação da sequência, pois os estudantes já tinham um entrosamento, gostavam de realizar atividades em grupo, tinham compromisso com as tarefas apresentadas pelo professor, identificando nele um referencial que lhes pudesse gerar uma aprendizagem. Tais constatações estão presentes nas falas de alguns estudantes, mesmo que de uma forma tímida, durante as conversas iniciais entre eles e o professor durante a apresentação da proposta e o seu término.

Quanto à faixa etária dos estudantes, a idade variava de 16 a 19 anos, algo bastante comum nos dias de hoje em uma turma da modalidade regular e noturna. A condição sócio-econômica era homogênea, sendo que muitos tinham pais que trabalhavam nas indústrias da região. Foi possível constatar que alguns estudantes também trabalhavam durante o dia como aprendizes tendo bolsas incentivadas por

¹² Todos os estudantes foram inicialmente apresentados à proposta do curso de dualidade onda-partícula pelo professor aplicador e convidados a participarem das gravações. Para isso, assinaram a autorização de uso de imagem em áudio e vídeo.

programas do governo, enquanto outra minoria fazia cursos técnicos no contraturno das aulas.

4.4 - Caracterização do professor aplicador

As informações a seguir que permitem caracterizar o professor, inicialmente, decorrem de dois momentos. O primeiro, relacionado a uma conversa informal entre pesquisador e professor no momento da apresentação da proposta da tese¹³. O segundo, realizado após o término da sequência e encerramento concomitantemente das gravações. Portanto, a partir desse encerramento é que foi realizada a entrevista semiestruturada¹⁴ de forma a obter os elementos necessários e que permitissem confrontar com as observações e inquietações que se manifestaram durante as transcrições das aulas.

Embora o professor não estivesse engajado em um grupo de pesquisa ou mantivesse vínculo com a universidade, relatou que sempre se sentiu motivado em participar de cursos de formação continuada, principalmente nos últimos anos em decorrência da implementação do novo currículo de física do Ensino Médio na Rede Estadual de São Paulo.

Sua formação acadêmica inicial não está relacionada a área da educação, tendo formação superior em engenharia elétrica. Em decorrência disso, trabalhou na indústria durante mais de vinte anos. Posteriormente, interessou-se pela área de educação, começando a exercer o magistério nos últimos cinco anos, onde ministrou aulas de física e matemática em escolas públicas e particulares da região onde reside.

Sua busca por novas concepções e ideias em relação ao ensino de física se deu de forma gradativa. Segundo ele, isso se deu ao longo do exercício do magistério que, embora recente, mostrou-lhe a necessidade de ter contato com novas metodologias, conteúdos, elaboração de materiais didáticos de própria autoria e práticas que pudessem ser levadas à sala de aula e que permitissem, portanto, a melhoria da sua própria prática e do processo de ensino-aprendizagem, uma vez que sentia suas turmas apáticas e pouco participativas nas atividades tradicionais que rotineiramente apresentava aos estudantes.

¹³ A conversa foi realizada inicialmente através de correio eletrônico, terminando, posteriormente, de forma presencial, em data e horário agendados. Durante a conversa inicial foi apresentada a proposta de elaboração de uma sequência didática sobre a temática da FMC e que tratasse da dualidade onda-partícula, ficando a critério do professor aplicador a elaboração da sequência e escolha dos conteúdos, assim como se haveriam pré-requisitos ou não.

¹⁴ Partes da transcrição da conversa inicial e da entrevista semiestruturada podem ser encontradas nos anexos da tese (Anexo 5).

Tais características permitem inferirmos a esse professor a existência, mesmo que insipiente, de uma ação reflexiva e, de certa forma, crítica, mas que merece uma atenção cuidadosa visto que isso não é algo corriqueiro na prática dos professores desse segmento da Educação Básica. Consideramos, portanto, que tais características são desejáveis em todo e qualquer professor que se sinta motivado a implementar situações inovadoras na sala de aula em qualquer área do conhecimento, pois de certa forma ao fazer isso, acaba aceitando mesmo de uma forma inconsciente, os riscos que tais mudanças podem gerar em sua rotina e em sua própria prática docente.

Ainda segundo ele, como realizou apenas um curso de complementação em física¹⁵ para dar início ao magistério no Ensino Médio, relata que enquanto tratava de conteúdos relacionados à cinemática, dinâmica, calorimetria, óptica, eletricidade e magnetismo, não constatava maiores dificuldades para lidar com esses conteúdos em suas aulas de física, uma vez que percebia que sua formação anterior era suficiente para lidar com tais conteúdos. Contudo, aos poucos, começou a sentir falta de introduzir novas atividades, práticas e conteúdos que colocassem os estudantes para *trabalhar* (grifo nosso).

Entretanto, a situação começou a mudar com a chegada da nova proposta curricular do Ensino Médio no ano de 2008. Com o passar do tempo e com maior familiarização da proposta, começou a sentir a necessidade de ter que trabalhar de forma diferente, ao passo que deveria introduzir em suas aulas as situações de aprendizagem propostas nos cadernos de física, ou seja, deveria adequar-se ao novo material didático proposto pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo.

Contudo, considerava difícil a discussão de alguns temas presentes nos cadernos, não compreendendo, por exemplo, a melhor maneira de fazer sua abordagem na sala de aula. Complementa ainda dizendo que os tópicos relacionados com a FMC nos cadernos de física da 3ª série do Ensino Médio eram em certos momentos complicados, pois havia estudado alguns deles em sua formação inicial, mas nunca teve que ensiná-los. Logo, passou a se preocupar ainda em como melhorar a sua *didática* (grifo nosso).

Dessa forma, nesses últimos anos esteve aberto a novas discussões e reflexões quanto à sua prática, realizando cursos de formação continuada como o Programa Rede São Paulo de Formação Docente (Redefor), que lhe permitiu entender um pouco mais

¹⁵ Segundo o professor aplicador, como já era portador de um diploma de ensino superior, teve que cursar uma complementação que lhe habilitasse lecionar física no Ensino Médio. Essa complementação tem amparo legal na Resolução CNE/CBE nº 02/97 que trata justamente da questão da habilitação para lecionar disciplinas específicas para indivíduos portadores de diploma do ensino superior.

sobre a necessidade da reformulação do cenário do ensino de ciências e, em particular, do ensino de física.

Em seguida, no período entre 2009 a 2011, chegou ao seu conhecimento na escola por meio de um ofício da sua Diretoria de Ensino, informações referentes aos cursos de formação continuada que seriam ministrados na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo sobre a temática da FMC.

Por interesse próprio, inscreveu-se primeiramente no curso de partículas elementares, fazendo, em seguida, o curso de linhas espectrais. Devido a fatores inesperados, não conseguiu realizar o curso de relatividade. Tais cursos contemplaram uma etapa de aplicação e um correspondente relatório final da aplicação na escola.

Foi diante do que apresentou no dia de entrega do relatório de aplicação que surgiu nosso interesse pelo trabalho deste professor. Percebemos em seu trabalho elementos que o colocaram em destaque entre os demais professores presentes, principalmente quanto ao empenho na elaboração de uma sequência de partículas elementares, a autoria em algumas atividades realizadas, a forma como foi realizada a implementação na escola, bem como o registro das atividades realizadas, motivaram-nos a conhecer melhor esse professor.

Durante a exposição do seu relatório, ficamos entusiasmados com o emprego da autoria e da criatividade didática na elaboração da sequência didática¹⁶ de partículas e as atividades presentes nela desenvolvidas por esse professor, bem como a abertura dada por ele ao diálogo em relação às mudanças e reflexões sobre o ensino de física nos dias atuais e as novas demandas da sala de aula.

Foi após esse evento que surgiu o convite para que esse professor participasse do nosso projeto. Após um período de sensibilização e de exposição da proposta que resultou com o consentimento do professor, elaboramos um pequeno cronograma com alguns encontros presenciais e uma tutoria que aconteceria à distância, de forma a auxiliá-lo na elaboração da sequência didática e das atividades que seriam aplicadas, além de propiciar a discussão dos conceitos envolvidos na dualidade onda-partícula, visto que se tratava de uma área ainda pouco trabalhada em sala de aula por ele.

¹⁶ Durante os cursos de formação continuada os cursistas foram apresentados inicialmente aos módulos inovadores e, posteriormente, às sequências de ensino-aprendizagem (TLS). Isso foi realizado pelo professor Dr. Maurício Pietrocola que, mais tarde, contribuiu para a elaboração de sequências didáticas com uma carga estipulada entre seis e dez aulas como forma de avaliar a aplicação da proposta nas escolas as quais os cursistas exerciam suas atividades. Essas sequências eram aplicadas nas escolas como parte não presencial do curso, ou seja, à distância, porém sob uma tutoria e utilização de fórum pela plataforma virtual MOODLE. Finalmente, era exigida a apresentação de um relatório final sobre a aplicação efetuada na escola, servindo como elemento de conclusão do curso na modalidade a distância.

Durante o tempo em que o pesquisador esteve em contato com o professor aplicador, presencialmente ou à distância, foi possível a discussão dos conteúdos que seriam trabalhados e as atividades a serem desenvolvidas com os estudantes. Isso também foi essencial para a preparação do professor frente às discussões que poderiam se estabelecer no espaço da sala de aula, de forma a se evitar constrangimentos futuros devido a uma aula ou uma atividade mal idealizada, ou ainda, fora do contexto pretendido.

Portanto, além de conhecer o conteúdo da disciplina, era de extrema importância que o professor também soubesse como aplicá-lo em sala de aula, adaptando-o, selecionando as metodologias, criando as situações de aprendizagem e escolhendo os recursos instrucionais mais adequados que possibilitassem que o mesmo fosse levado para a sala de aula.

Sobre isso, por exemplo, Carvalho e Gil-Perez (2014) destacam que dentro dessa perspectiva, o professor precisa saber como preparar um programa de atividades que leve seus estudantes à construção dos conhecimentos, habilidades e atitudes do conteúdo que se propõe a ensinar. Logo, ele é um dos agentes centrais no interior da didatização dos saberes escolares, e, mais especificamente, na transposição didática interna e, portanto, ganha um *status* diferenciado nesse contexto (grifo nosso).

Esse status, entretanto, pode ser observado e materializado nas ações e reflexões, ainda que incipientes, do professor aplicador. Todavia, como são ações e reflexões que geralmente não aparecem nos professores do segmento da Educação Básica e, particularmente, muito menos em um contexto que envolva a possibilidade da inovação curricular nas aulas de física do Ensino Médio, reconhece-se assim uma situação que careça de um estudo mais detalhado quanto à forma como o professor realiza a inovação curricular.

Dessa forma, espera-se conseguir ao término da análise dos dados elementos indicativos da ocorrência desse processo de didatização dos saberes em relação aos presentes na formação continuada efetuada pelo professor, evidenciando, por exemplo, sua importância na modificação e melhoria de sua formação profissional e prática docente.

Além disso, esperamos identificar quais saberes foram elencados por esse professor como de maior relevância em relação a outros na preparação de suas aulas, o real motivo de suas escolhas, a forma como foram transpostos os conteúdos e, portanto,

adequados ao projeto de ensino, além da busca por indícios do exercício da vigilância epistemológica no interior da nova organização praxeológica delineada para a escola.

CAPÍTULO 5

A ANÁLISE DOS DADOS

5.1 - Introdução

Neste capítulo apresentamos a análise dos dados obtidos na pesquisa. Para isso, focalizamos em um primeiro instante na análise da sequência didática desenvolvida pelo professor aplicador (daqui em diante, denominado simplesmente de professor¹), verificando-se as didatizações aplicadas por ele em relação ao curso de formação continuada.

Ressaltamos, entretanto, que neste momento não se procura classificar a sequência elaborada pelo professor como boa ou ruim. Trata-se de identificar como se deu a sua ação no processo da transposição didática interna no qual atuou diretamente. Dessa forma, é utilizada a TTD com o objetivo de fornecer indícios, segundo as regras da transposição, dos elementos presentes na sequência que são indicadores das condições necessárias para que os saberes didatizados possam mudar do nível do saber a ensinar para o saber ensinado e, portanto, apresentem condições de sobrevivência no ambiente escolar.

Em um segundo momento, utilizamos a TAD focalizando a discussão no interior dos momentos didáticos (MD), de forma que, com o auxílio dessa ferramenta teórica de análise, seja possível indicar as intervenções realizadas pelo professor no momento da didatização dos saberes a ensinar. Além disso, através dos momentos didáticos é realizada uma verificação da nova organização física (OF), ou seja, da nova organização construída pelo professor na sequência em relação ao curso de formação, de forma que os objetivos traçados inicialmente em seu projeto de ensino fossem alcançados mediante esse processo.

Durante a análise procuramos identificar também se houve em algum momento o exercício da vigilância epistemológica por parte do professor, de modo a se constatar as possíveis distorções nos saberes didatizados em relação ao saber que o próprio professor

¹ Para os demais professores que participaram do curso de formação continuada e que não foram objeto da pesquisa diretamente, usaremos simplesmente a denominação *cursistas* ao se referir a eles.

considerou como de referência. Esse aspecto é bastante relevante na tese, pois pode evidenciar uma prática docente incomum nos professores da Educação Básica.

Para a análise dos dados foram selecionadas três aulas de um montante total de dez², presente na sequência elaborada pelo professor. A partir da seleção, as aulas foram gravadas e, posteriormente, transcritas³. Em seguida, foram identificados os episódios de ensino. Esses episódios foram analisados sob a luz dos referenciais teóricos da TTD e da TAD, ou mais especificamente, através das regras da transposição didática e vigilância epistemológica, além do emprego dos momentos didáticos.

O primeiro episódio ocorre na aula 6 e corresponde a uma atividade de natureza investigativa sobre o fenômeno do efeito fotoelétrico. Essa atividade é realizada com o auxílio de um simulador virtual.

Na aula 7 tem-se o segundo episódio de ensino. Nele, ocorre o início da sistematização das observações dos estudantes através do simulador para, em seguida, fomentar uma discussão acerca do modelo teórico da luz mais coerente com as observações realizadas. Porém, reconhecemos que ao término dessas duas primeiras aulas o que o professor procura na verdade é contribuir com elementos teóricos, de forma a colocá-los em confronto com os dados experimentais, de forma que a partir desse cruzamento seja possível destacarmos as variáveis e conceitos relevantes que permitam a elucidação da questão quanto à natureza luz.

Isso permite inferirmos que a estrutura da sequência deve ser construída de tal maneira que se consiga promover aquilo que se espera de uma sequência dessa natureza, ou seja, um movimento em torno de um tema contemporâneo da ciência, com caráter inovador, e que tem um potencial de promover discussões acerca de novas ideias, conceitos e, finalmente, o emprego de novos modelos teóricos a partir das necessidades levantadas.

A escolha das aulas para análise se deu em função da atenção especial que o professor dispensou a respeito do tema do efeito fotoelétrico, algo bastante notório na organização das sequências didáticas por ele propostas, principalmente quando executou a reestruturação da sequência 1, adaptando-a conforme a estrutura apresentada na sequência 2.

² A estrutura da sequência didática de dualidade onda-partícula efetivamente aplicada em sala de aula será apresentada mais adiante. As razões que motivaram a escolha dos conteúdos, atividades e o número de aulas, também serão esclarecidas oportunamente através dos dados obtidos na entrevista semiestruturada.

³ As transcrições das aulas estão nos anexos da tese.

Além disso, através do emprego de atividades com caráter investigativo no ensino de física e do processo de sistematização mediado pelo professor, foram proporcionados nessas aulas momentos extremamente ricos de trocas de ideias, levantamento do conhecimento físico dos estudantes acerca do tema, levantamento dos modelos teóricos mais adequados para explicação dos fenômenos observados, elementos que certamente contribuíram de forma significativa para uma visão mais abrangente da ciência e da realidade.

A seguir, apresentamos as duas sequências didáticas elaboradas, uma breve descrição referente à sua elaboração, identificando, entre outras coisas, as escolhas efetuadas pelo professor em relação ao curso de formação continuada e as adaptações por ele implementadas.

5.2 - O delineamento da sequência didática de dualidade onda-partícula

A primeira sequência didática de dualidade onda-partícula foi delineada pelo professor durante o curso de formação continuada. Ela foi elaborada como uma das exigências para a conclusão do curso, em sua etapa presencial, ficando a critério dos cursistas a aplicação da sequência na escola como parte da etapa à distância⁴.

O curso realizado pelo professor correspondeu à terceira aplicação do curso de linhas espectrais realizado no período entre 2011-2012. A primeira aplicação ocorreu entre 2009-2010 e a segunda aplicação ocorreu entre 2010-2011. O convite para participação nesta pesquisa ocorreu entre o final de 2011 e início de 2012, primeiramente por intermédio de uma mensagem enviada pelo correio eletrônico e, posteriormente, através de um encontro presencial.

No encontro presencial foi feita a apresentação geral da proposta da pesquisa e o detalhamento de seus objetivos em relação à elaboração da sequência didática, bem como da possibilidade de registro das aulas da sequência por intermédio de gravações em áudio e vídeo, visando única e exclusivamente o desenvolvimento de uma investigação em educação.

Ainda sobre esse encontro, convém destacarmos que houve a preocupação do pesquisador de que o professor se envolvesse no projeto de forma livre, ou seja, que ele

⁴ Nem todos os cursistas optaram por participar da etapa à distância. Entretanto, para aqueles que participaram efetivamente desta etapa foi solicitado à elaboração de uma sequência didática sobre FMC e que estivesse relacionado aos conteúdos desenvolvidos na etapa presencial da formação continuada.

colaborasse com a pesquisa sem que isso fosse uma imposição ou acarretasse algum desconforto em relação às suas demais atividades diárias. Sendo assim, ficou acordado entre as partes que o professor se prontificaria em elaborar uma sequência didática que discutisse a dualidade onda-partícula da luz no Ensino Médio.

Para que não aparecesse posteriormente algum problema quanto à organização da sequência, principalmente pelo fato da proposta ter ficado muito aberta, o pesquisador solicitou ao professor que respeitasse dois critérios na fase de elaboração da sequência:

- o primeiro, ligado ao conteúdo físico da sequência didática e que já havia sido determinado, ou seja, o professor deveria estruturar uma sequência com tópicos que permitissem a discussão da dualidade onda-partícula. Entretanto, os conteúdos, metodologias e atividades (investigativas, demonstrativas, entre outras) estariam à sua livre escolha;
- o segundo, relacionado ao número de aulas da sequência. Para isso, ficou acordado um número mínimo de seis aulas e máximo de dez aulas, o que permitiria inseri-los em um bimestre⁵.

Outro aspecto que mereceu destaque foi a elaboração de uma sequência didática própria, pois essa atitude permitiu a verificação da forma como a transposição didática interna foi colocada em ação pelo professor e da forma como ele estabeleceu a OF na sala de aula em relação ao curso de formação no contexto de inovação. Tendo em vista que o professor concluiu o curso de formação continuada em linhas espectrais e que já havia elaborado uma sequência⁶, partimos da hipótese de que ele poderia se utilizar de elementos presentes no próprio curso na elaboração da sua sequência didática, o que, a nosso ver, não seria algo surpreendente para alguém que habitualmente não trabalha com temas dessa natureza em sala de aula. Porém, caberia identificarmos quais escolhas foram feitas em relação ao curso de formação e seus motivos, bem como as

⁵ Atualmente na grade curricular da Rede Estadual organizada pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, o número de aulas de física é de duas aulas por semana na maioria das escolas.

⁶ No segundo semestre de 2011, o professor desenvolveu um módulo de ensino sobre “O que é a Luz?” como parte exigida no curso de formação continuada. O módulo foi implementado nas aulas de física do colégio estadual onde atua. Ao término da aplicação, um relatório foi entregue como parte final da avaliação do curso. Esse relatório também foi um dos motivadores pela escolha deste professor, uma vez que ele traz reflexões acerca da aplicação do módulo.

modificações e adaptações que foram feitas nos materiais, o que pode fornecer indícios das intenções didáticas do professor.

Entendemos, entretanto, que um professor, ao passar por uma formação continuada, está interessado, muitas vezes, na apropriação das chamadas *boas práticas*, de maneira que elas possam ser incorporadas às práticas já existentes e, finalmente, transpostas para a sala de aula.

Outro olhar possível recai exatamente sobre a ideia de que essas *boas práticas* podem conter elementos ligados a conteúdos, atividades práticas e metodologias, oriundos do próprio curso de formação⁷, afinal o professor de forma consciente ou não pode considerá-lo como sendo a versão autorizada para elaboração de outros materiais, conforme suas necessidades e intenções didáticas. Dessa forma, isso pode ser interpretado, em princípio, como uma questão ligada aos aspectos de uma racionalidade técnica, algo muito comum em cursos de formação continuada, porém com críticas já identificadas⁸.

Isso permite conjecturar que cursos de formação continuada, ao trabalharem não somente conteúdos e práticas, mas também focalizando em metodologias e construção de sequências didáticas, podem propiciar aos professores reflexões sobre outras dimensões do processo de ensino-aprendizagem, como exemplo, o exercício da autoria (DEMO, 2011 e 2015) e identificação das intenções didáticas por trás desse processo.

Em decorrência disso, podemos identificar elementos que permitam aos professores uma compreensão mais significativa das (re)organizações didáticas necessárias para que os novos saberes transpostos para a sala de aula tenham, em sua maioria, uma expectativa de sobrevivência no contexto da inovação curricular.

Feitas essas considerações iniciais, passamos a discutir as sequências didáticas elaboradas pelo professor, bem como as razões que o motivaram a modificar sua estrutura inicial, para que, em seguida, conseguisse delinear a sequência que efetivamente acabaria aplicando na sala de aula.

Ressaltamos, entretanto, que durante a elaboração das sequências o professor optou pelo auxílio dos mapas conceituais (MC)⁹ como uma forma didática de

⁷ Mais adiante, é possível constatar em alguns momentos a existência de algumas atividades investigativas trabalhadas na formação para estruturar a sequência do professor, porém elas receberam modificações.

⁸ Essas críticas foram apresentadas no capítulo 2 da tese.

⁹ A teoria relacionada aos mapas conceituais, seu idealizador, a forma como são elaborados e sua aplicabilidade, foram apresentados aos professores na formação continuada. Mapas conceituais são representações gráficas semelhantes a diagramas, que indicam relações entre conceitos ligados por palavras. Representam uma estrutura que vai desde os conceitos mais abrangentes até os menos inclusivos. São utilizados para auxiliar a ordenação e a

visualização dos conceitos que conhecia a respeito do tema e, ao mesmo tempo, a maneira como esse conhecimento se encontrava organizado em sua estrutura cognitiva, além daqueles que ainda não estavam plenamente estruturados, logo necessitavam ser mais bem estudados.

Em relação à construção, a primeira sequência didática teve início entre o final de 2011 e o início de 2012. Como o professor estava engajado em outros projetos acadêmicos em sua escola e um curso de especialização ofertado pela Rede Estadual, ficou acertado que ele poderia trabalhar na elaboração da sequência durante o primeiro semestre do ano, para que, no segundo semestre, fosse aplicado em sala de aula.

Durante o período de elaboração da sequência houve um contato entre o professor e o pesquisador através de reuniões de tutoria¹⁰, conforme combinado inicialmente. O papel do pesquisador na tutoria foi o de sanar as dúvidas conceituais dos conteúdos físicos presentes na sequência didática na medida em que eles aparecessem e, ao mesmo tempo, uma ajuda nas indicações de natureza didático-metodológicas que contribuíssem para o desenvolvimento da sequência em si, como exemplo, a possibilidade do emprego de algumas atividades investigativas.

Novamente, é importante frisarmos que em momento algum foi imposto ao professor a obrigatoriedade do uso de uma ou outra atividade, texto, experimento, demonstração, indicados explicitamente pelo pesquisador. Afinal, desde o princípio, toda e qualquer escolha era livre por parte do professor, ficando limitado apenas o tema e o número de aulas.

Após um período de estudos acerca do tema, de reflexões e da elaboração de esboços das atividades que seriam desenvolvidas, o professor apresentou ao pesquisador a primeira versão¹¹ (ou versão 1) da sequência didática de dualidade, apresentada na tabela a seguir:

sequenciação hierarquizada dos conteúdos de ensino. Como instrumento de avaliação da aprendizagem, mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o estudante atribui a um determinado conhecimento. Esta abordagem está embasada na teoria cognitivista de aprendizagem proposta por David Ausubel (1963). Trata-se, no entanto, de uma técnica desenvolvida em meados da década de setenta por Joseph Novak e seus colaboradores na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos (MOREIRA, 2010).

¹⁰ As reuniões de tutoria ocorreram presencialmente e a distância no período do 1º semestre de 2012. As reuniões presenciais se deram na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FEUSP), enquanto tutorias à distância se deram pela troca de mensagens pelo correio eletrônico.

¹¹ Conforme foi observado pelo pesquisador posteriormente, tornou-se perceptível nessa versão uma estrutura baseada na sequência que o professor já havia desenvolvido para o módulo de ensino “O que é a Luz?” durante a etapa à distância do curso de formação continuada.

Aulas	OBJETIVOS	MOMENTOS	TEMPO
1	Revisar conceitos de ondas e suas interações.	<ul style="list-style-type: none"> • O professor apresenta o problema aos estudantes discutindo os aspectos relacionados às ondas mecânicas inicialmente, que são mais observáveis, levantando as questões apropriadas à investigação dos estudantes. • Os estudantes usarão um simulador de ondas mecânicas para estudar os fenômenos de reflexão, difração e interferência. 	10 min 35 min
2	Revisar conceitos de ondas e suas interações.	<ul style="list-style-type: none"> • Os estudantes continuarão usando o simulador só que agora utilizarão a luz para efetuar as mesmas observações em relação aos mesmos fenômenos. • O professor discute as conclusões da classe em relação à natureza dos sinais eletromagnéticos. 	35 min 10 min
3	Verificar se os estudantes se apropriaram do conhecimento das interações eletromagnéticas como ondas.	<ul style="list-style-type: none"> • O professor avaliará o entendimento dos estudantes sobre o assunto e o quanto eles estão convencidos de que a luz é uma onda, e qual o seu comportamento esperado ao interagir com outros corpos. 	45 min
4	Estudo do espectro eletromagnético e sua decomposição por uma rede de difração.	<ul style="list-style-type: none"> • Os estudantes receberão um kit para a confecção de um espectroscópio simples em grupos. 	45 min
5	Estudo do espectro eletromagnético e sua decomposição por uma rede de difração.	<ul style="list-style-type: none"> • Os estudantes observarão alguns tipos de luz e seus respectivos espectros. • O professor discute com os estudantes as observações feitas e conduz os estudantes ao entendimento das diferenças entre espectros contínuos e discretos. 	20 min 25 min
6	Revisão do modelo atômico de Bohr.	<ul style="list-style-type: none"> • O professor apresenta o modelo eletromagnético e relembra o assunto já estudado no primeiro bimestre relacionando-o com a teoria de Planck. 	45 min
7	Avaliação do conhecimento adquirido pelos estudantes.	<ul style="list-style-type: none"> • O professor fará um questionário para verificar se os estudantes entenderam a questão da absorção e emissão de energia pelos átomos e respectivos níveis de quantização. 	45 min
8	Estudo do efeito fotoelétrico.	<ul style="list-style-type: none"> • Os estudantes utilizarão um simulador para efetuar esse estudo em grupos de 5 estudantes e seguindo um roteiro (anexo 1). 	45 min
9	Estudo do efeito fotoelétrico.	<ul style="list-style-type: none"> • Os estudantes apresentam suas conclusões a respeito do assunto e o professor discute com a classe conduzindo-os ao entendimento do comportamento corpuscular da luz. 	40 min
10	Conclusão do módulo.	<ul style="list-style-type: none"> • Os estudantes responderão um questionário a respeito do assunto de modo a se verificar se os objetivos do módulo foram atingidos. 	45 min

Tabela 1 - Primeira sequência didática de dualidade onda-partícula (Versão 1).

Contudo, após algumas conversas entre o pesquisador e o professor a respeito da estrutura da sequência didática elaborada e seus objetivos, acabou motivando a implementação de algumas alterações na estrutura inicial. Muitas delas decorreram de

uma etapa de aprofundamento no estudo de temas relacionados à dualidade onda-partícula, principalmente sobre o fenômeno fotoelétrico¹².

Assim, a primeira sequência acabou sendo alterada, passando a ser denominada pelo professor como segunda sequência (ou versão 2), apresentada na tabela a seguir:

Aulas	OBJETIVOS	MOMENTOS	TEMPO
1	Entender como se dá atualmente o estabelecimento dos conceitos científicos usando modelos.	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução da atividade. • O professor entrega aos estudantes uma caixa com um mecanismo interno não acessível e pede que eles pesquisem e elaborem um esquema do funcionamento interno. Os estudantes fazem anotações em uma folha. • O professor discute a questão dos modelos. • Conclusão da atividade com participação da classe sobre o tema. 	5 min 30 min 10 min
2	Entender alguns modelos de ondas e suas principais características.	<ul style="list-style-type: none"> • O professor coloca aos estudantes os objetivos da pesquisa a ser feita usando o simulador de ondas do Phet, ou seja, que perguntas deverão ser respondidas sobre a reflexão, difração e interferência das ondas mecânicas. • Os estudantes divididos em grupos usam o simulador para realizar a atividade. • Fazem anotações em uma folha. 	15 min 30 min
3	Verificar se os estudantes se apropriaram do conhecimento das interações eletromagnéticas como ondas.	<ul style="list-style-type: none"> • O professor avaliará o entendimento dos estudantes sobre o assunto quanto ao convencimento de que a luz é uma onda e que, em sendo uma onda, qual o comportamento esperado ao interagir com outros corpos? Os estudantes redigirão uma redação dissertando sobre esse tema. 	45 min
4	Analisando o espectro eletromagnético e sua decomposição por uma rede de difração.	<ul style="list-style-type: none"> • Os estudantes receberão um espectroscópio simples e observarão algumas fontes de luz e seus respectivos espectros. • O professor discute com os estudantes as observações feitas e conduz os estudantes ao entendimento das diferenças entre espectros contínuos e discretos. 	25 min 20 min
5	Analisando o espectro eletromagnético.	<ul style="list-style-type: none"> • O professor conclui com a classe a exploração do modelo de espectro eletromagnético e avalia se os estudantes se apropriaram do conhecimento básico do assunto. 	45 min
6	Explorar a causa do fenômeno do efeito fotoelétrico.	<ul style="list-style-type: none"> • O professor coloca o objetivo da investigação apresentando a pergunta a ser respondida e fornece alguma orientação sobre o uso do simulador. • Os estudantes exploram o simulador PHET com o efeito fotoelétrico. 	15 min 30 min
7	Explicar o fenômeno do efeito fotoelétrico.	<ul style="list-style-type: none"> • Os estudantes apresentam suas conclusões a respeito do assunto. • O professor discute com a classe conduzindo-os ao entendimento do comportamento corpuscular da luz. 	20 min 25 min

¹² Durante esta etapa, o professor recorreu ao pesquisador de forma que algumas dúvidas pontuais fossem sanadas. Assim, a questão da tutoria foi posta em prática e com bastante êxito.

8	Sistematizar o fenômeno do efeito fotoelétrico.	<ul style="list-style-type: none"> • O professor introduz o uso do vídeo da TV Ontário sobre a dualidade onda-partícula. 	20 min
		<ul style="list-style-type: none"> • O professor realiza a sistematização final do fenômeno, retomando alguns aspectos observados no simulador e nas discussões na aula anterior. 	25 min
9	Estudo do comportamento da luz na atividade pessoa-fóton.	<ul style="list-style-type: none"> • Para introduzir o problema os estudantes serão submetidos à observação de uma pessoa sob um disfarce, se comportando como um fóton ao se dirigir a banheiros masculinos e femininos e deverão identificá-lo o sexo com base nas observações. 	45 min
10	Conclusão do módulo.	<ul style="list-style-type: none"> • Os estudantes responderão um questionário a respeito do assunto de modo a se verificar se os objetivos do módulo foram atingidos. 	45 min

Tabela 2 - Segunda sequência didática de dualidade onda-partícula (Versão 2).

Mais tarde, durante a entrevista semiestruturada, foi possível constatar os motivos que levaram o professor a fazer as modificações na primeira versão da sequência. Esses motivos serão apresentados mais adiante.

Assim, em relação às sequências delineadas pelo professor, torna-se notória a ênfase dada ao estudo do fenômeno do efeito fotoelétrico, principalmente na segunda sequência, onde ele destina um tempo de três aulas entre a investigação realizada com o auxílio do simulador virtual e a sistematização final com os estudantes.

Quanto ao emprego dos mapas conceituais na elaboração das sequências, segundo o professor, eles foram elementos teóricos muito úteis e incorporados a partir do curso de formação continuada, contribuindo de forma decisiva para a organização dos conceitos físicos presentes nas sequências e que, em princípio, ainda não estavam consolidados na elaboração, principalmente, da primeira sequência.

Além disso, o professor também apontou que através dos mapas conceituais foi possível uma melhor estruturação da sequência em termos didáticos, desmistificando, por exemplo, o ponto de partida da sequência e os elementos necessários para que fosse dado o seu início. Também foi possível, segundo o professor, delimitar as atividades que poderiam promover as discussões necessárias acerca da luz e sua natureza, de forma que os objetivos traçados no projeto de ensino pudessem ser alcançados.

Convém ressaltarmos que durante o curso de formação, optou-se pelo uso dos mapas conceituais como sendo uma estratégia metodológica empregada pelos professores formadores de forma que os cursistas pudessem elaborar os seus próprios módulos de ensino com elementos da FMC com maior clareza, uma vez que os mapas favorecem essa visualização através das conexões estabelecidas entre os conceitos presentes na estrutura da sequência didática.

Mais adiante, apresentamos os mapas conceituais (versões 1 e 2) elaborados pelo professor e que o auxiliaram definitivamente na elaboração das sequências didáticas. Ao analisá-los, são nítidas as diferenças entre os dois mapas, não somente em termos da quantidade de conceitos, mas também em termos das conexões estabelecidas entre eles.

Na estrutura do mapa conceitual 2 temos uma quantidade de conceitos e de conexões mais completa, rica e com uma complexidade maior que a presente no mapa conceitual 1. Isso pode ter acontecido em decorrência dos estudos que o professor realizou visando ao aprofundamento dos conteúdos que teria que discutir com os estudantes futuramente.

Logo, inferimos que o professor teve a consciência da preparação prévia que deveria ter, ou seja, do planejamento que deveria executar para poder criar as condições necessárias de implementação da inovação curricular na sala de aula. Acreditamos que esse nível de consciência possa estar relacionado ao emprego de certa vigilância epistemológica (VE), porém em um estágio bastante singular, mas necessária e adequada a situações como essa. Essa VE, ainda que incipiente, pode estar associada a uma forma de exercitar a ação reflexiva sobre a própria prática, algo nem sempre presente em professores da Educação Básica.

Embora esse aspecto possa parecer óbvio e inerente à prática docente, constatamos que essa etapa do planejamento nem sempre é respeitada no cotidiano escolar do professor, conforme relatos de muitos cursistas ao longo da formação continuada¹³, o que certamente compromete o andamento das aulas e do processo de ensino-aprendizagem, uma vez que nem sempre ficam claros para o próprio professor os objetivos da aula que está ministrando. Isso reforça a visão apresentada anteriormente sobre a ausência de uma ação reflexiva mais contundente durante o exercício da prática docente.

A seguir, apresentamos os mapas conceituais elaborados pelo professor (Figuras 1 e 2):

¹³ Muitos cursistas afirmaram durante os cursos de formação continuada que devido aos muitos afazeres que têm durante o cotidiano na escola, acabaram não encontrando um tempo adequado para a preparação e planejamento das aulas ou, ainda, da sequência didática que tentaram implementar na sala de aula.

MAPA CONCEITUAL O QUE É A LUZ

Figura 1 - Primeiro mapa conceitual (Versão 1).

Figura 2 - Segundo mapa conceitual (Versão 2).

Novamente, ressaltamos que as modificações feitas nos mapas foram possíveis após os estudos complementares do professor durante a preparação e planejamento da sequência, além das discussões e reflexões a respeito da elaboração do mapa entre o professor e o pesquisador.

Além disso, esse foi um dos instrumentos teóricos que o professor acabou incorporando e transpondo para as suas práticas docentes e que decorreram, portanto, da fase da formação continuada. Contudo, para sabermos se tal prática continuaria a ser utilizada por ele, necessitaríamos de um tempo maior para que tal constatação fosse possível.

Acreditamos, porém, que o emprego dos mapas conceituais tenha suscitado no professor motivação e maior facilidade na elaboração da sequência de dualidade onda-partícula, principalmente em decorrência das aulas ministradas no curso de formação. Segundo o professor, sem a ajuda dos mapas, o tempo necessário para a organização didática da sequência seria outro e, possivelmente, ainda maior¹⁴. Isso pode ser observado na seguinte transcrição da entrevista semiestruturada:

***ES¹⁵(Professor):** Os mapas conceituais foram muito importantes para a organização da minha sequência didática. No início, fiquei perdido no número de aulas e na quantidade de conceitos que iria trabalhar. Quando comecei a estruturar as coisas através dos mapas percebi que as coisas foram se ajeitando. Pude então, perceber que os mapas colocaram uma ordem naquela minha desorganização mental. Continuo trabalhando com eles e tenho solicitado aos meus alunos que os utilizem. Tenho percebido que, assim como eu, meus alunos tem conseguido organizar melhor o seu conhecimento e, ao mesmo tempo, conseguido identificar as lacunas em suas ideias.*

Portanto, todos os dados que são apresentados nos próximos tópicos estão respaldados pela segunda sequência didática (Versão 2), pois ela é que efetivamente foi implementada na sala de aula.

¹⁴ Tais elementos aparecem durante a entrevista semiestruturada (ES).

¹⁵ Retirado da entrevista semiestruturada. Para maiores detalhes, olhar os anexos da tese (Anexo 5). Essa mesma observação valerá para as próximas transcrições que fazem referência à entrevista semiestruturada.

5.3 - A descrição das aulas sobre o efeito fotoelétrico

Na sequência aplicada pelo professor é perceptível um destaque de três aulas (aulas 6, 7 e 8) para o estudo do conteúdo físico do efeito fotoelétrico. A seguir, é feita uma breve descrição das aulas para, em seguida, darmos início a sua análise.

Na aula 6 é apresentada aos estudantes a atividade do efeito fotoelétrico. Ela está centrada na utilização de um simulador virtual interativo. Inicialmente, o professor optou pelo uso do simulador presente no site PhET¹⁶, desenvolvido pela Universidade do Colorado e de uso gratuito.

A partir da sua apresentação inicial aos estudantes, o professor procurou colocá-los diante de uma atividade com caráter eminentemente investigativo, de forma que eles pudessem realizar o levantamento das variáveis relevantes para a compreensão e explicação científica do fenômeno observado.

A atividade foi desenvolvida com os estudantes da turma do 3º B e com o auxílio de um roteiro. Este, por sua vez, foi adaptado pelo professor em relação ao curso de formação continuada, procurando adequá-lo frente às reais necessidades do seu projeto e expectativas de ensino.

Isso denota um aspecto importante e reconhecido pelo professor na elaboração da sua sequência didática, isto é, a percepção de que o roteiro empregado no curso de formação apresentava determinados objetivos formativos e voltados para um curso onde o público alvo eram professores de física¹⁷, enquanto o roteiro elaborado para os estudantes do Ensino Médio envolvem outros objetivos formativos.

Dessa forma, coube ao professor o reconhecimento dessa nuance, realizando adequadamente a didatização da atividade do curso de formação presente na Instituição-Universidade (I_U) para Instituição-Escola (I_E), conforme seus interesses e intenções didáticas, sem perder o foco principal que é a investigação da ocorrência do efeito fotoelétrico.

¹⁶ O projeto PhET realiza pesquisas sobre fenômenos físicos, adaptando-os para uso em simulações interativas. Além disso, procura entender melhor quais características tornam estas ferramentas de aprendizagem eficazes, como os estudantes se envolvem e interagem com essas ferramentas para aprender e quais são as influências desse processo. As simulações interativas desenvolvidas podem ser livremente usadas e/ou redistribuídas por terceiros (por exemplo, estudantes, educadores, escolas, museus, editores, vendedores, etc.). O uso não-comercial é permitido. Disponível em: < http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric >. Acesso em: 05 maio 2014.

¹⁷ Na verdade, os cursistas presentes na formação continuada também possuíam outras formações, ou seja, licenciados em matemática, ciências ou, ainda, bacharéis em engenharia. Porém, grande parte fez uma complementação em física e já leciona a disciplina há tempo.

Entretanto, não conseguimos identificar claramente se, nesse momento, houve ou não o exercício consciente da VE. Questionamos, por exemplo, se o interesse do professor esteve simplesmente centrado no uso de outros recursos instrucionais durante as aulas, ou ainda, se ele estava interessado no processo de ensino e aprendizagem dos estudantes diante do uso de outros recursos. Assim, faltaram elementos que permitissem maiores conclusões.

Durante a entrevista semiestruturada obtivemos o seguinte comentário do professor a esse respeito:

***ES(Professor):** Usei o roteiro para tentar adequar o tempo da atividade com o tempo da minha aula. Como já havia trabalhado com esses alunos outras atividades que faziam uso de simuladores, acreditei que dessa forma a coisa seria melhor conduzida. Mas percebi depois que isso foi tolhendo o meu aluno, pois alguns deles queriam ir além do que estava no roteiro e o melhor, sem fugir do assunto. Acredito que sem o roteiro a coisa poderia ir de uma forma mais investigativa e menos presa a um roteiro fechado onde temos que preencher lacunas. Especificamente nessa atividade o roteiro não foi, a meu ver, a melhor maneira de trabalhar com os alunos. Esse foi o motivo de eu tirá-lo na outra turma em que fiz a atividade.*

Logo, continuamos a crer que diante dos comentários do professor, não foi possível identificarmos com maior clareza se houve, de fato, uma manifestação do exercício da VE nessa situação. Isso nos mostra o quanto é delicada e, porque não, difícil à tarefa de identificação desse elemento da TTD na prática docente do professor.

A seguir, apresentamos a tela inicial do simulador virtual PhET (Figura 3) empregado na atividade do efeito fotoelétrico na sequência do professor:

Figura 3 - Tela inicial do simulador do efeito fotoelétrico (PhET).

Em seguida, na segunda aula sobre o efeito fotoelétrico, ou aula 7, foi realizado um primeiro momento de sistematização das observações feitas no simulador. Para isso, o professor procurou explorar as percepções dos estudantes em torno da técnica que utilizaram, destacando de forma dialógica as variáveis que foram relevantes para a execução da atividade.

Ainda nessa aula, o professor procurou resgatar com os estudantes as situações onde utilizaram o modelo ondulatório da luz, uma vez que ele foi empregado em momentos anteriores na sequência para explicação dos fenômenos de reflexão, difração e interferência¹⁸, também observados através de um simulador presente no PhET.

Na aula 8, ou última aula sobre o efeito fotoelétrico, foi possível realizar a conclusão da sistematização da atividade e das discussões que se estabeleceram ao longo de sua realização. Para isso, o professor recorreu inicialmente ao vídeo da TV Ontário¹⁹ sobre a dualidade onda-partícula, na tentativa de realizar uma breve contextualização histórica acerca do fenômeno, os personagens envolvidos nesse estudo e a motivação para tal estudo, favorecendo aos estudantes um esclarecimento sobre o dinamismo presente na ciência e a busca por um modelo adequado às observações realizadas.

A partir disso foi possível conduzir os estudantes ao entendimento das características do modelo corpuscular, mostrando a sua adequação em relação aos questionamentos e observações do fenômeno físico observado no simulador. Além

¹⁸ Corresponde a aula 2 da sequência. Essa atividade foi adaptada do curso de formação.

¹⁹ Vídeo pertencente a uma série didática produzida para a TV educativa pública da província de Ontário, no Canadá, a TVO, em 1984. Disponível em: < <http://www.youtube.com/watch?v=rqwKPJ3wluI>>. Acesso em: 05 maio 2014.

disso, as evidências históricas presentes no vídeo contribuíram de forma positiva para que o modelo ondulatório e suas características fossem considerados inadequados frente ao fenômeno físico observado, o que reforçou o emprego do modelo corpuscular na interpretação da interação luz-matéria nesse contexto.

5.4 - Análise das aulas sobre o efeito fotoelétrico

A seguir, apresentamos a análise das três aulas selecionadas da sequência didática de dualidade onda-partícula. Essas aulas trataram especificamente da discussão sobre o efeito fotoelétrico. Em função disso, procuramos empregar na sua análise os elementos presentes nos referenciais teóricos da TTD e da TAD.

A partir da TTD empregamos as regras da transposição, na tentativa de analisar a sequência didática elaborada pelo professor, de forma que fossem identificados os elementos que poderiam garantir a sua sobrevivência no ambiente escolar. Além disso, atentamos para a organização praxeológica (OP) dos novos conteúdos presentes nessa sequência em relação aos presentes na formação continuada que o professor realizou.

Em seguida, com o auxílio da TAD e os momentos didáticos (MD), procuramos analisar a organização praxeológica feita pelo professor em sua sequência. Para isso, buscamos verificar a existência dos quatro elementos constituintes de uma organização praxeológica completa $[T, \tau, \theta \text{ e } \Theta]$. E de forma paralela na condução dessas análises, também procuramos identificar se o professor ao longo desse processo conseguiu, em algum momento, exercitar de forma consciente a vigilância epistemológica, em relação ao processo de didatização que se encontrava em andamento.

Logo, cada aula acabou recebendo, em função dos seus objetivos, uma denominação particular, mas que de forma sintética transmitisse a intencionalidade didática do professor com aquela aula. Portanto, as três aulas foram denominadas da seguinte maneira:

- **Primeira aula:** Investigação do fenômeno;
- **Segunda aula:** Explicação do fenômeno;
- **Terceira aula:** Sistematização do fenômeno.

5.4.1 - Primeira aula: investigação do fenômeno

Como essa aula trata da investigação do fenômeno em si, apresentaremos de forma minuciosa como ela se deu, destacando as etapas de sua execução por parte do professor e as principais ocorrências.

No início da aula, o professor pediu a atenção da turma e solicitou que deixassem os materiais na sala. Em seguida, instruiu os estudantes para que levassem somente o necessário ao laboratório de informática²⁰.

Ao chegarem no laboratório, o professor imediatamente pediu que se organizassem em grupos de dois ou três estudantes em cada computador e que acessassem o simulador do efeito fotoelétrico disponibilizado na área de trabalho, previamente instalado²¹.

Devido ao número reduzido de computadores em funcionamento, 15 em uma sala com um total de 20 computadores, o professor previamente definiu que a atividade seria realizada em pequenos grupos de forma que, apesar das condições não ideais, os estudantes pudessem ter uma postura mais ativa e participativa durante a execução da atividade.

Após a divisão dos grupos e com o simulador em execução, o professor apresentou a atividade que seria realizada pelos estudantes, destacando inicialmente seus objetivos e o caráter investigativo presente.

Isso pode ser observado nas transcrições a seguir:

Tempo	Transcrição	Gestos
Professor 0'20"	<i>“Pessoal, a atividade de hoje vai exigir de vocês uma atenção maior.”</i>	
Estudantes 0'23"	<i>“Como assim?”</i>	
Professor 0'25"	<i>“O objetivo dela é que vocês possam investigar um fenômeno físico</i>	Aponta para a lousa onde aparece efeito fotoelétrico.

²⁰ O professor destaca durante a entrevista semiestruturada que teve apoio total da escola quanto à utilização da sala de informática, inclusive com a respectiva ajuda dos estagiários que a administram.

²¹ Conforme dito anteriormente, houve a ajuda dos estagiários do Programa ACESSA Escola na instalação do simulador do efeito fotoelétrico do PhET para uso local nos computadores. Isso ocorreu principalmente devido à infraestrutura de rede da sala de informática na escola onde a sequência foi aplicada ser instável em determinados períodos do dia, ocasionando, em certos momentos, aplicações online lentas, ou simplesmente, que não executavam.

	<i>interessante chamado de efeito fotoelétrico!”</i>	
A₁ 0’28”	<i>“Ah, então é fazer parecido com aquilo que foi feito na caixa preta²²?”</i>	
Professor 0’33”	<i>“Parecido, mas não igual. Vamos usar um simulador virtual interativo. Então você lembrou, heim!”</i>	Faz um sinal de positivo para o estudante.
A₁ 0’36”	<i>“Gostei daquela atividade da caixa preta! Ela foi legal.”</i>	O estudante faz um gesto de positivo ao professor.
A₄ 0’40”	<i>“Mas o que é esse efeito fotoelétrico?”</i>	
Professor 0’45”	<i>“Pessoal, alguém sabe o que é isso? Já ouviu algo sobre isso?”</i>	Ninguém se manifesta diante da pergunta.

Um aspecto interessante no início dessa atividade, e que expressa a dinâmica usada pelo professor com os estudantes dessa turma, foi referente à divisão dos grupos. A nosso ver, ela foi realizada com rapidez, sem maiores alvoroços e de uma forma organizada.

Além disso, os estudantes não apresentaram nenhuma dificuldade aparente em relação ao uso do simulador PhET, que ao longo da atividade funcionou de forma adequada e sem nenhum travamento, ou seja, os estudantes conseguiram acessá-lo e usá-lo sem maiores problemas.

Assim, temos aparentemente nesse contexto indícios do estabelecimento de uma forma de trabalho e de uma dinâmica já utilizada nas aulas de física pelo professor, ou ainda, uma espécie de contrato didático nos mesmos moldes estabelecidos por Chevallard, Bosch e Gascón²³ (2001). Conforme foi observado na entrevista semiestruturada, o professor já vinha trabalhando durante suas aulas com o uso esporádico de simuladores, o que de certa forma facilitou a execução dessa atividade também centrada no uso de um simulador virtual, conforme podemos identificar na transcrição abaixo:

²² A atividade da caixa preta foi realizada na aula 1 da sequência. Essa atividade esteve presente no curso de formação, mas também foi adaptada pelo professor em sua sequência.

²³ Segundo esses autores, o contrato didático é um conjunto de normas ou cláusulas, geralmente implícitas, que regulam as obrigações recíprocas do professor e dos alunos, em relação ao projeto de estudo de ambas as partes, que evolui à medida que o processo didático avança.

ES(Professor): *Como a sala de informática na escola funciona razoavelmente bem, apesar de suas limitações físicas e tecnológicas, tenho usado alguns simuladores com os alunos. Por exemplo, o simulador de ondas do PhET funciona muito bem para apresentar os fenômenos ondulatórios. Assim, optei por usar o seu simulador do efeito fotoelétrico, pois esperava que os meninos conseguissem entender a forma como o fenômeno ocorria a partir dele. Outro detalhe é que os alunos gostam de usar a tecnologia. O computador faz parte da vida deles todo instante. Eles não largam o celular, o que dirá do computador. Foi uma experiência interessante o uso desse recurso nas aulas. Deu outra dinâmica para elas.*

Tal postura, portanto, já vinha sendo utilizada pelo professor em suas aulas de física, não somente nas turmas participantes das gravações, mas em todas as turmas do Ensino Médio em que atuava. Um comentário relevante ainda sobre a dinâmica que o professor tentava usar em suas turmas pode ser observado na seguinte transcrição:

ES(Professor): *Sempre tentei impor uma forma de trabalho nas minhas turmas, pois percebia que isso favorecia o aparecimento de um condicionamento em relação à maneira como queria que as aulas transcorressem. Não era um autoritarismo, mas uma maneira de fazer as coisas funcionarem minimamente e de forma organizada. Cansei de ver a bagunça rolar e ninguém fazer nada. As coisas ficaram mais organizadas dessa forma e os alunos entendem que tem um trabalho acontecendo e que podem aprender. Mas tem muita coisa ainda para melhorar.*

Através da fala do professor, percebemos que ele já procurava trabalhar com os estudantes há algum tempo de uma forma mais sistemática desde os anos anteriores, inclusive com a utilização da sala de informática e com o uso de simuladores²⁴. Isso aos

²⁴ Ele menciona durante a entrevista que já vinha tentando utilizar nas aulas de física a Rede Interativa Virtual de Educação (RIVED). Esse é um programa da Secretaria de Educação a Distância (SEED), com início em 1999, que tem por objetivo a produção de conteúdos pedagógicos digitais, na forma de objetos de aprendizagem. Tais conteúdos primam por estimular o raciocínio e o pensamento crítico dos estudantes, associando o potencial da informática às novas abordagens pedagógicas. A meta desse projeto estaria ligada na possibilidade de disponibilizar conteúdos

poucos foi favorecendo, segundo ele, o desenvolvimento das atividades que exigissem a divisão da turma em pequenos grupos, pois um hábito estava sendo criado no ambiente escolar²⁵. Relata ainda que quando participou do primeiro curso de formação continuada na FEUSP na temática de partículas elementares²⁶, acabou desenvolvendo com essa mesma turma uma atividade que envolveu diversos grupos da sala e a elaboração de painéis sobre o modelo padrão presente na física das partículas.

Dessa forma, o professor iniciou a atividade apresentando uma pergunta em relação ao fenômeno que seria estudado. A pergunta inicial proposta foi a seguinte: *o que é o efeito fotoelétrico?* A partir disso, perguntou ainda aos estudantes se algum deles já tinha ouvido falar a respeito desse fenômeno ou se desconfiavam do que se tratava.

Assim, essa pergunta serviu como elemento desencadeador do estudo do efeito fotoelétrico e seu aspecto principal esperado naquele momento, ou seja, o entendimento do fenômeno físico mesmo que em um nível ainda superficial, mas que permitisse aos estudantes a sua compreensão em relação às observações que seriam feitas no simulador virtual.

Ressaltamos, entretanto, que nesses minutos iniciais da atividade, constatou-se que a maioria dos estudantes nunca tinha ouvido falar a respeito do fenômeno do efeito fotoelétrico, conforme comentários do próprio professor:

***ES(Professor):** Foi interessante perceber que a maioria dos alunos nunca tinha ouvido falar sobre aquilo, mas depois se interessaram em entender. Acho que a tecnologia do simulador ajudou a despertar o interesse, afinal eles usam o computador o tempo inteiro. Quando fiz o curso²⁷ também tive essa mesma impressão a respeito da atividade. Ela me pareceu boa para usar em sala, mas fiz algumas modificações.*

digitais para melhorar a aprendizagem das disciplinas da Educação Básica e a formação cidadã do estudante. Para isso, promoveu a produção e publicação na *web* dos conteúdos digitais, com acesso gratuito. Além disso, o RIVED também realiza capacitações sobre a metodologia para produzir e utilizar os objetos de aprendizagem nas instituições de ensino superior e na rede pública de ensino.

²⁵ Esse conjunto de comportamentos específicos do professor se aproximam daqueles apontados no contrato didático de Brousseau (1986).

²⁶ O professor participou da 2ª aplicação do curso de formação continuada na temática de partículas elementares.

²⁷ No curso de formação essa atividade também usou o simulador, mas com outras intenções pedagógicas, como determinação da frequência de corte, a relação entre a frequência e a energia de ejeção dos elétrons, a função-trabalho do metal presente no alvo, valor da constante de Planck e a relação entre corrente e intensidade da luz.

Analisando a maneira adotada pelo professor de iniciar a atividade, por meio de uma pergunta, podemos inferir que ela tenha sido transposta das discussões que ocorreram no curso de formação continuada que realizou.

Durante a formação houve alguns momentos dedicados às discussões sobre a metodologia do ensino de ciências. Em uma dessas discussões foi possível uma apresentação em relação às formas mais indicadas de abordagem dos conteúdos em uma aula do tipo investigativa²⁸. Talvez esse tenha sido o elemento desencadeador da forma de abordagem adotada pelo professor no início de sua sequência didática.

Quanto aos comentários transcritos da fala do professor, eles merecem algumas observações. Primeiramente, torna-se perceptível sua identificação com a atividade do efeito fotoelétrico. Em segundo, ao afirmar que a atividade é “boa para usar em sala”, está apontando para os aspectos da *operacionalidade* da atividade e para a *criatividade didática* empregada na sua elaboração. Contudo, entende que para ela ser realizada, os estudantes precisam primeiramente compreendê-la. Logo, é necessária uma adaptação de forma que possa atender aos seus objetivos de ensino com os estudantes no nível do Ensino Médio.

Parece-nos, entretanto, que essa percepção da necessidade de uma adaptação na atividade em relação àquela feita na formação já estivesse de certa forma presente na prática docente desse professor.

Novamente temos uma evidência, ainda que singular, da existência de uma ação reflexiva sobre a prática do professor, ainda que de forma não completamente consciente, porém somos levados a inferir que nessa atitude está implícito o exercício de uma vigilância epistemológica (VE). Porém, acreditamos que essa VE esteja se manifestando em um nível ainda abaixo do esperado para um professor que pretende implementar na sala de aula uma inovação curricular. Diante disso, passamos a levantar a possibilidade da existência de níveis²⁹ de VE presentes na prática docente, níveis esses que permitem caracterizar em situações como essa um estado de latência dessa ação reflexiva quanto ao que se realizada em sala de aula.

Outro aspecto importante, presente na fala do professor, está relacionado ao emprego da tecnologia na educação, ou seja, o uso do simulador. Entretanto, conforme o referencial teórico da TAD sinaliza, o simulador corresponde a uma técnica

²⁸ Para isso, os docentes do curso de formação continuada acabaram se baseando em autores como Carvalho (2004) e Carvalho et al. (2011).

²⁹ Ricardo (2012), em sua tese de livre docência já aponta para a possibilidade da existência desses níveis de vigilância epistemológica.

empregada na resolução de uma determinada tarefa. Contudo, o professor não compreende esse recurso dessa forma e com essa dimensão, embora tenha optado pelo uso desse recurso instrucional na sequência didática que elaborou. Para ele, aparentemente, está simplesmente fazendo uso de uma tecnologia, porém, com uma intencionalidade didática associada ao seu emprego.

Essa dimensão da intencionalidade nas atividades e conteúdos usados no ensino de ciências, nem sempre é percebida pelos professores, mesmo aqueles que realizam cursos de formação continuada ou que já concluíram sua formação inicial, o que pode trazer comprometimentos bastante sérios e graves ao processo de ensino-aprendizagem dos estudantes.

Esse certamente é um aspecto positivo em relação à prática docente desse professor, que soube identificar na atividade o seu grande potencial para se tornar uma situação de aprendizagem, desde que a mesma fosse transposta adequadamente para a sua realidade e adaptada aos seus interesses formativos.

Durante a entrevista semiestruturada, o professor quando questionado sobre as mudanças que implementou na atividade, apresentou a seguinte justificativa:

***ES(Professor):** Alterei a atividade e o roteiro, pois queria que meus alunos observassem o aspecto do fenômeno do efeito fotoelétrico. Queria que eles fossem capazes de perceber o que produzia o efeito. Não queria que eles simplesmente coletassem dados que fossem sem significado. Mas sei que tenho alunos que fazem isso. Não estão preocupados com os detalhes. Mas tenho também aqueles que conseguem enxergar o que outros não viram. Assim, as mudanças feitas, a meu ver, deram o resultado esperado. Acredito que as discussões foram boas, embora tenham no início sido bastante acanhadas. Não sei se eles ficaram envergonhados ou com um pé atrás por conta das câmeras.*

Essa fala reforça a percepção de que esse professor ao alterar a atividade está preocupado não somente com a participação mais efetiva dos estudantes, mas também comprometido com a elaboração de atividades que propiciem aos estudantes condições de construção do conhecimento através de uma atividade investigativa, por meio de um processo investigativo como está proposto em uma sequência de ensino investigativa (SEI) (CARVALHO et al., 2013).

Em uma próxima etapa, os estudantes são apresentados aos recursos disponibilizados no simulador virtual, ou seja, aos controles que podem ser alterados e que, portanto, modificam as variáveis relevantes para verificação e compreensão do fenômeno do efeito fotoelétrico. Dentre eles, destacam-se: controle de intensidade da luz (apresentado na forma de porcentagem), comprimento de onda (em nanômetros), alvo (nome do material que o constitui) e a intensidade da corrente elétrica³⁰ indicada no medidor (amperímetro).

Em seguida, os estudantes receberam um roteiro do professor, que pede a eles que comecem a realizar a atividade investigativa sobre o efeito fotoelétrico seguindo, preferencialmente, os passos estabelecidos no roteiro.

O termo “preferencialmente” empregado pelo professor significa que os estudantes teriam a liberdade para acrescentar outros elementos, percepções e comentários ao roteiro que julgassem importantes, ou seja, o roteiro não era estritamente fechado. Sobre esse aspecto, o professor argumenta que:

***ES(Professor):** Como apliquei essa atividade em outras turmas que não participaram das gravações, fui percebendo esses detalhes. Alunos vinham me perguntar se era possível acrescentar outros aspectos no roteiro que não existiam lá. Esse número de alunos foi pequeno, mas me sinalizou para essa possibilidade. Resolvi então liberar para que eles pudessem acrescentar o que quisessem. Apareceram comentários interessantes. Entre eles, o de um aluno sobre a unidade de medida da corrente elétrica que não estava evidente no simulador. Até isso acabou aparecendo. Achei muito interessante.*

Finalmente, os estudantes são colocados diante da questão que terão que investigar e que é colocada pelo professor da seguinte forma:

- Quando ocorre o efeito fotoelétrico? Ou melhor, qual a condição mínima e necessária para que ele ocorra?

³⁰ Ressalta-se, porém, que no simulador não está evidente a unidade de medida da corrente elétrica. Isso chegou a ser questionado por um único estudante da turma do 3º B muito tempo depois da atividade, vindo a ocorrer apenas no período da sistematização na sala de aula. Contudo, ficou constatado posteriormente que esse estudante realizava um curso técnico em eletrônica no horário oposto ao das aulas. Possivelmente, essa formação complementar do estudante tenha favorecido essa percepção.

A questão apresentada dessa forma mostra uma preocupação em direcionar o olhar dos estudantes para o objeto de investigação, nesse caso, o fenômeno físico do efeito fotoelétrico e sua causa. Segundo o professor, isso minimizaria a perda de tempo com aspectos irrelevantes ou de menor significância no problema e, ao mesmo tempo, permitiria que os estudantes conseguissem terminar a atividade dentro do tempo previsto da aula³¹. Logo, o aspecto do tempo da aula é algo que o professor destaca na realização da atividade. Sobre isso, ele comenta que:

***ES(Professor):** O roteiro que forneci aos estudantes na atividade do efeito fotoelétrico também era para ajudar na questão do tempo. Aliás, esse foi um dos maiores problemas na sequência. Como acertar as coisas para o tempo disponível. Acredito que para essa atividade, as três aulas foram o ideal. Deu para trabalhar bem desse jeito.*

No comentário apresentado é nítida a questão da adequação do tempo da atividade ao tempo escolar. Na perspectiva da TTD, isso está relacionado com uma busca pela *programabilidade* e *exequibilidade* da sequência didática. Afinal, o saber materializado na atividade precisa passar por essa adaptação de forma que ao longo do tempo consiga adquirir estabilidade e, com isso, uma garantia de permanência no ambiente escolar, levando, posteriormente, ao estágio de uma *terapêutica*.

Por último, salientamos que o roteiro apresentado trouxe para alguns grupos da turma certa dificuldade³² na execução da atividade, principalmente em relação às questões dissertativas, que segundo os estudantes não se apresentavam formuladas de forma completamente objetiva.

Em virtude disso, o professor deu nova orientação para esses estudantes de forma que pudessem respondê-la e, com isso, conseguissem terminar a atividade dentro do tempo estipulado. Todavia, ao implementar a mesma atividade em outras turmas que não foram analisadas aqui, o professor acabou dispensando o uso do roteiro. Porém, com isso, surgiu uma preocupação ainda maior com a adequação da atividade ao tempo da aula. Isso demonstra certa autonomia docente frente ao processo de ensino.

³¹ Convém ressaltar novamente que as aulas são de 45 minutos cada uma.

³² Essa foi diagnosticada pelo professor ainda na execução da atividade da turma do 3ºB. Isso o motivou, mais tarde, a abandonar a estrutura inicial do roteiro na turma do 3ºA, propondo a eles um roteiro com uma estrutura mais livre.

Essa decisão pelo não uso do roteiro foi destacado pelo professor na entrevista. A esse respeito, ele comentou que:

***ES(Professor):** Os estudantes mesmo sem o roteiro encontraram um caminho próprio para realizar a investigação, porém em um tempo um pouco maior. Ainda assim, as discussões se deram de uma forma muito interessante. Tenho a impressão de que foi melhor do que a turma que teve o roteiro.*

Esse aspecto do emprego ou não do roteiro na atividade do efeito fotoelétrico está relacionado, nos termos da TAD, a uma questão da *organização didática* da sequência elaborada pelo professor de forma a atender aos seus objetivos formativos. Dessa forma, coube ao professor à sensibilidade de identificar que a atividade fluiria de forma mais adequada sem a presença de um roteiro, o que acabou sendo confirmando mais tarde pelo próprio professor.

Quanto ao objetivo da aula, seu foco estava na apresentação do fenômeno do efeito fotoelétrico em diferentes perspectivas. Uma relacionada ao arranjo experimental necessário para que o fenômeno pudesse ser investigado, enquanto outra, relacionada à condição mínima e necessária para que ele se manifestasse. Outro aspecto previsto com a atividade estava relacionado à possibilidade de fornecer ao estudante novamente o contato com o espectro eletromagnético da luz e a discussão sobre a validade dos modelos ondulatório e corpuscular, essenciais à compreensão da dualidade onda-partícula.

A atividade teve, portanto, uma dinâmica um pouco diferente, nas turmas com e sem o roteiro, principalmente em relação às variáveis relevantes à compreensão do fenômeno como, por exemplo, comprimento de onda, intensidade da luz, material do alvo e intensidade da corrente elétrica indicada no medidor (amperímetro).

Quanto à turma que utilizou o roteiro, seus estudantes ficaram mais concentrados na sua utilização, prendendo-se aos elementos que ele solicitava. Quanto aos estudantes que não utilizaram o roteiro, as discussões se tornaram mais acaloradas, pois eles precisaram definir primeiramente uma estratégia de como fariam a investigação.

Para isso, pediram em alguns momentos, uma orientação um pouco mais detalhada do professor, que soube orientá-los sem que uma resposta imediata fosse dada quanto ao fenômeno em si. Durante a execução da atividade foi perceptível também o

emprego do espírito investigativo nas aulas de física, ou seja, a compreensão da forma como se dá o efeito fotoelétrico e as condições mínimas e necessárias para sua ocorrência.

Nas gravações é perceptível a existência de um ambiente acolhedor, tranquilo e, de certa forma, favorecedor para a realização da atividade. Isso fica constatado pela ausência de quaisquer tipos de indisciplina ou de falta de envolvimento dos estudantes durante o transcorrer da aula, conforme ressalta o professor ao afirmar que:

***ES(Professor):** Esse tipo de atividade é ideal para essa geração. Eles se envolvem, gostam de discutir quando de fato encontra algo que os instigue a isso. Como já tinha dito, acabei me cansando de ver os alunos apáticos e sem vontade para nada. Não que isso, de vez em quando, não aconteça, mas tenho percebido outro envolvimento deles durante as aulas dessa sequência. As atividades da sequência, acredito eu, têm favorecido esse tipo de postura e comportamento. Tem aluno de outra sala que quer fazer também.*

Todos os 32 estudantes presentes na atividade do simulador participaram de forma intensa, principalmente na discussão da questão que o professor havia proposto no início, conforme ilustram as transcrições a seguir:

Tempo	Transcrição	Gestos
Professor 0'57"	<i>“Hoje nós vamos simular aqui no laboratório a experiência feita por uma série de cientistas, tá”.</i>	
A₁ 1'00"	<i>“Por quem?”</i>	
Professor 1'03"	<i>“Vários cientistas”.</i>	
A₄ 1'07"	<i>“Fala um deles!”</i>	O estudante levanta a mão e realiza a pergunta.
Professor 1'11"	<i>“Einstein. E ele chamou esse fenômeno de efeito fotoelétrico”.</i>	Professor aponta para a tela onde está projetado um

		slide em power point.
Professor 1'14"	<i>"Olha ali, a gente tá vendo uma placa de metal".</i>	Professor aponta para a imagem do simulador e a placa de metal selecionada.
Professor 1'18"	<i>"Olha só, o que acontece quando a luz incide sobre o metal? Ali tem a reflexão da luz e o que mais?"</i>	Continua apontando para o slide.
Professor 1'22"	<i>"Quando a luz incide sobre o metal, a luz arranca elétrons do metal".</i>	
Professor 1'26"	<i>"Isso então é o efeito fotoelétrico. O efeito fotoelétrico é a capacidade que a luz tem de arrancar elétrons".</i>	
Professor 1'30"	<i>"Mas por que isso acontece?"</i>	
Professor 1'33"	<i>"E aí pessoal, por que isso acontece?"</i>	
A₂ 1'37"	<i>"Tem algo com a luz!"</i>	
A₃ 1'39"	<i>"Isso é óbvio!"</i>	
Professor 1'42"	<i>"Pessoal, o que vocês acham?"</i>	
A₃ 1'47"	<i>"Tá na cara que a luz faz isso."</i>	

Esse ponto fornece novamente mais um indício de uma busca pela *operacionalidade*, a fim de se constituir em uma *tarefa* assimilável/compreensível aos estudantes. Para isso, o professor vai elaborando questionamentos que procurem conduzir os estudantes a estabelecer uma relação referente a o que observam, ou seja, a relação existente entre a cor da luz incidente e as características do alvo.

Conforme apresentado no capítulo 3, a *operacionalidade* está ligada diretamente à capacidade que o novo saber tem em gerar algum tipo de questão, ou com base na TAD, uma *tarefa* que possa ser apresentada pelo professor aos estudantes. Dessa forma, a

questão proposta teve o intuito de gerar uma problematização que foi materializada na forma de uma *tarefa*.

Essa *tarefa* (T) procurou colocar os estudantes diante da escolha ou uso de uma *técnica* (τ) adequada e que permitisse a exploração da questão para, posteriormente, resolvê-la. Porém, a *técnica* associada ao uso do simulador não foi uma escolha livre dos estudantes, afinal coube ao professor apresentá-la como um instrumento capaz de fornecer elementos que esclarecessem o entendimento do fenômeno observado.

Ainda assim, a *técnica* mostrou-se adequada, pois permitiu uma análise das variáveis relevantes para que o efeito fotoelétrico fosse compreendido. Portanto, é possível verificar a articulação do bloco prático *tarefa-técnica* pelo professor, segundo a TAD, mostrando o início do delineamento da nova *organização praxeológica física* que está sendo instituída a partir da elaboração da sequência didática de dualidade onda-partícula.

Contudo, seria importante que o professor buscasse contemplar, em situações que almejam a introdução da inovação curricular na sala de aula, o avanço desse bloco da tarefa-técnica [T/ τ] para o bloco tecnologia/teoria [θ/Θ], de forma que houvesse a caracterização da inovação não somente em termos de práticas, mas também em termos de novas teorias (conceitos) transpostas para esse ambiente, pois conforme já apresentado no capítulo 2 da tese isso nem sempre acontece da forma desejada, o que pode comprometer de forma significativa a implementação da inovação.

Podemos dizer em uma primeira análise que o professor, ao elaborar a sequência didática, estabeleceu uma *tarefa* (T) que pode ser enunciada da seguinte forma:

- *T: O efeito fotoelétrico consiste no fenômeno de arrancar elétrons quando a luz incide sobre um metal. Assim, a partir do uso do simulador virtual interativo determine quando ocorre o efeito fotoelétrico e a condição mínima, porém necessária, para que ele ocorra.*

Essa seria a *tarefa* (T) a ser executada pelos estudantes dentro da sequência da aula 6 e, portanto, denominada pelo professor de *Atividade do Simulador Virtual PhET do Efeito Fotoelétrico*. Assim, reconhecemos que essa tarefa criada se aproxima da tarefa que foi apresentada no curso de formação continuada³³. Porém, o professor

³³ Para maiores detalhes, verificar os anexos da tese (Anexo 2).

realizou adaptações perceptíveis na atividade e no roteiro, de forma a atender aos objetivos de sua sequência didática e de seu projeto de ensino.

Por exemplo, na atividade realizada no curso de formação os objetivos eram mais amplos, ou seja, além da compreensão do fenômeno físico do efeito fotoelétrico por meio do mesmo simulador virtual, os professores foram colocados diante do desafio de determinar a constante de Planck a partir dos dados experimentais e gráficos que o próprio simulador produz, além da própria determinação da frequência de corte para o qual o fenômeno do efeito fotoelétrico se manifestava.

Isso trouxe aos cursistas a necessidade do emprego de outros conhecimentos e de outras habilidades na execução da tarefa, que embora semelhante à aplicada aos estudantes do Ensino Médio, apresentava claramente outros objetivos formativos e que atendessem a um curso de formação continuada focalizado na perspectiva da inserção da inovação curricular nas aulas de física.

Ainda na execução da *tarefa (T)* pode ser observada a preocupação do professor em se fazer entender, o que não ocorreu a seu contento inicialmente. Diante disso, a *tarefa (T)* acabou sendo dividida em outras *tarefas menores (t)*, de forma que a tarefa fosse, então, assimilada pelos estudantes que não a compreenderam na apresentação inicial. Quanto a isso, o professor apresentou o seguinte comentário:

***ES(Professor):** Na execução da atividade do efeito fotoelétrico tive que ajudar os alunos em alguns momentos. Alguns não entenderam de imediato o que deveria ser observado ou anotado. Faz parte da rotina do professor fornecer esse tipo de ajuda. Mas tentei não dar uma resposta pronta a nada. Fui tentando perguntar a eles o que achavam relevante no simulador naquele experimento. Aos poucos eles foram percebendo o que era importante.*

Tais constatações são identificadas nas transcrições a seguir, onde alguns estudantes demonstraram, em maior e menor intensidade, falta de entendimento a respeito daquilo que deveria ser investigado com o uso do simulador:

Tempo	Transcrição	Gestos
Professor 7'20"	<i>"Pessoal tudo ok no simulador? Vejam o que está acontecendo quando a luz vermelha incide no metal."</i>	O professor aumenta o tom da voz e chama a atenção para esse detalhe no simulador.
Professor 7'25"	<i>"O que acontece?"</i>	O professor aumenta mais uma vez o tom da voz.
A₃ 7'27"	<i>"Não vi nada."</i>	O estudante balança a cabeça demonstrando uma negativa à pergunta feita.
A₄ 7'28"	<i>"Nada."</i>	
A₁ 7'30"	<i>"Professor, professor, eu não entendi ainda o que é para fazer. É só para mexer no simulador?"</i>	Estudante aponta para a tela do simulador.
A₂ 7'32"	<i>"Eu também não."</i>	O estudante cruza os braços.
Professor 7'50"	<i>"Espera aí que já vou te ajudar."</i>	O professor acena para o primeiro estudante, indicando que vai ajudá-lo em instantes.
Professor 7'57"	<i>"O que você não entendeu?"</i>	
A₁ 8'00"	<i>"Não entendo o que temos que anotar!"</i>	
Professor 8'04"	<i>"É para vocês observarem o que acontece quando vocês vão mudando, por exemplo, o comprimento de onda no simulador. Nesse caso, o que acontece? O que você percebe? Tenta aí?"</i>	O professor vai até os estudantes e aponta na tela do simulador o controle referente ao comprimento de onda.
Professor 8'10"	<i>"O que acontece?"</i>	
A₂	<i>"Por enquanto, nada."</i>	

8'15"		
Professor 8'18"	<i>"Vai alterando o comprimento de onda bem devagar. Começa pelo infra-vermelho, vai passando depois pelo vermelho, laranja, amarelo e assim por diante."</i>	O professor novamente dá ênfase no controle do comprimento de onda.
A₂ 8'22"	<i>"Opa, agora deu. Tem umas bolinhas saindo do alvo."</i>	
A₁ 8'26"	<i>"Não são bolinhas. Não são elétrons, professor? Você falou isso no começo!"</i>	

A partir dessa constatação, entendemos que existam outras *sub-tarefas* (*t*) relacionadas com a tarefa (*T*). Pela análise, constatamos que as sub-tarefas podem ser enunciadas da seguinte maneira:

- **t₁:** Determinar quando ocorre o efeito fotoelétrico em um simulador virtual a partir da incidência de luz sobre um metal, modificando-se apenas o comprimento de onda e fixando o alvo e a intensidade da luz;
- **t₂:** Para um determinado metal, estabelecer o comprimento de onda mínimo, porém necessário, para que o efeito fotoelétrico ocorra.

Essas sub-tarefas são apresentadas pelo professor aos estudantes quando nas transcrições anteriores ele solicita que eles apenas alterem o comprimento de onda primeiramente e que essa mudança vá acontecendo vagarosamente.

Isso dá a entender que, a partir disso, os estudantes consigam identificar com maior precisão o comprimento de onda mínimo onde o fenômeno começa a se manifestar, e os demais onde o fenômeno não ocorre de forma alguma. Essa percepção pode ser verificada nas transcrições a seguir:

Tempo	Transcrição	Gestos
Professor 9'40"	<i>"Pessoal, vão alterando primeiramente apenas a cor da luz e vejam quando</i>	O professor fala a todos os estudantes.

	<i>acontece o fenômeno. Apenas a cor, hem!”</i>	
Professor 9’43”	<i>“E aí? Quando acontece?”</i>	
A₂ 9’46”	<i>“No verde.”</i>	
Professor 9’50”	<i>“Quando?”</i>	
A₃ 9’52”	<i>“No verde.”</i>	
Professor 9’56”	<i>“O que os demais acham?”</i>	
A 10’02”	<i>“No verde.”</i>	Muitos estudantes fazem o mesmo comentário e o professor faz uma pausa.
Professor 10’07”	<i>“O que acontece em relação aos outros cumprimentos?”</i>	
A₁ 10’12”	<i>“Não percebi nada.”</i>	
A₂ 10’15”	<i>“Também não percebi nada. É só isso mesmo? Só acontece para a luz verde? Por quê?”</i>	
A₁ 10’19”	<i>“Por que professor?”</i>	

Conforme apresentado anteriormente, outras sub-tarefas podem ainda ser extraídas do roteiro estabelecido pelo professor. Dentre elas, é possível identificarmos as seguintes:

- **t₃**: Determine o que ocorre com a velocidade dos elétrons quando a intensidade da luz é alterada, mantendo-se o comprimento de onda fixo;

- **t₄:** Qual a influência da intensidade da luz na medida da corrente elétrica indicada pelo medidor ao alterar apenas esse parâmetro?

Uma questão que se apresenta é se a subdivisão da tarefa contribuiu para uma melhor *operacionalização* do bloco inicial tarefa-técnica. Pela análise, percebemos que executando a tarefa principal, os estudantes estão realizando as *sub-tarefas* (t_1 , t_2 , t_3 e t_4), que permitem uma melhor compreensão do fenômeno. Isso ocorre porque as variáveis passam a ser observadas de forma mais individual, o que permite a identificação da forma como cada uma delas interfere diretamente na ocorrência ou não do fenômeno.

Segundo o professor, a divisão da tarefa primária em outras secundárias, acabou favorecendo aos estudantes um olhar mais cuidadoso sobre a influência das variáveis em relação à manifestação do fenômeno. Isso pode ser identificado na seguinte transcrição da entrevista:

***ES(Professor):** Alguns estudantes conseguiram executar a atividade do efeito fotoelétrico depois que eu disse para eles modificarem apenas uma variável, sem mexer nas outras. Não foram todos que me pediram ajuda, mas, os que pediram, conseguiram entender que essa seria uma das estratégias para a realização da atividade, embora outros estudantes tenham feito de uma forma diferente. Percebi que alguns testaram cada um dos controles até que conseguissem perceber a sua relevância no fenômeno.*

Diante disso, pode-se apresentar a tarefa primária (T) e as tarefas secundárias (t_i) através de uma representação (Figura 4) onde é percebida a ligação entre esses elementos, ou seja, o fato das tarefas secundárias estarem contidas na tarefa primária, conforme o esquema proposto:

Figura 4 - Representação da tarefa (T) e das sub-tarefas (t_i).

Cada uma dessas sub-tarefas exige ao menos o emprego de uma *técnica* (τ) colocada em ação, cujo fracasso pode trazer dificuldades na resolução da *tarefa* (T) como um todo e, portanto, levar à não compreensão do fenômeno físico do efeito fotoelétrico em sua totalidade.

Contudo, segundo a TAD, uma determinada *tecnologia* (θ) justifica o emprego de uma técnica escolhida. Esta, por sua vez, pode ser descrita³⁴ da seguinte forma:

- *Uma luz de comprimento de onda, frequência e energia determinados (λ , f e E), constituída de fótons (partículas de luz), ao incidir sobre uma placa metálica (alvo) com função-trabalho (W) conhecida, somente arrancará elétrons desse alvo se, e somente se, a energia dos fótons incidentes sobre a placa metálica for maior que a energia mínima necessária para ejetar os elétrons da estrutura do metal. Os elétrons ejetados da superfície que não colidem com outros átomos do metal antes de escapar, possuem uma energia cinética máxima $K_{máx}$, dada pela equação do efeito fotoelétrico de Einstein: $K_{máx} = hf - W$.*

Ainda segundo a TAD, uma *teoria* (Θ) sempre articula a justificativa da *tecnologia* (θ) empregada na *organização praxeológica* que está sendo constituída. Esta, por sua vez, pode ser apresentada da seguinte maneira:

³⁴ Utilizamos como referência para realizar a descrição da tecnologia e da teoria autores como Tipler e Llewellyn (2010). Tal referência pode ser considerada uma *versão autorizada* no meio acadêmico uma vez que já foi reconhecida por essa instituição ao longo do tempo.

- Como no arranjo experimental temos o elétron ejetado se movimentando entre as placas devido à presença de um campo elétrico, podemos modelar esse sistema considerando-o isolado, com energia mecânica total sendo conservada, de modo que temos

$$K_i + U_i = K_f + U_f$$

- Onde a configuração inicial i refere-se ao instante em que o elétron sai do metal com energia cinética K_i e a configuração final f é estabelecida quando o elétron para no instante antes de tocar na placa do metal (alvo). Se definirmos a energia potencial elétrica do sistema na configuração i como zero, obtemos

$$K_i + 0 = 0 + (-e) \cdot (-\Delta V)$$

- Agora, supondo que a diferença de potencial entre as placas ΔV aumente no sentido negativo até o instante em que a corrente se iguala a zero, neste caso, o elétron que para imediatamente antes de alcançar a placa oposta ao alvo (placa coletora) tem energia cinética máxima possível ao sair da superfície do metal e ΔV é igual ao potencial de parada ΔV_s . Logo, a equação anterior pode ser expressa como

$$K_{\text{máx}} = e \cdot \Delta V_s$$

- Esta equação permite medir $K_{\text{máx}}$ experimentalmente, determinando a tensão ΔV_s , na qual a intensidade da corrente elétrica vai a zero.
- Tomando-se novamente a equação $K_{\text{máx}} = hf - W$ e reescrevendo-a da seguinte maneira $K_{\text{máx}} + W = hf$, temos uma expressão onde $K_{\text{máx}}$ representa a variação na energia cinética do elétron, supondo que este saia do repouso; W é a variação da energia potencial do sistema, supondo a energia definida em zero quando o elétron está

no metal; e hf a transferência de energia para o sistema por meio dos fótons da luz incidente.

Ocorrendo, portanto, a identificação do bloco tecnologia/teoria, o que permite um avanço na constituição da nova praxeologia ou da nova *organização física* (OF) constituída pelos quatro elementos, ou seja, a tarefa/técnica/tecnologia/teoria [T, τ , θ , Θ].

Isso corresponde a algo esperado para quem pretende estabelecer a inovação curricular na escola média de forma mais efetiva e visando à melhoria do processo de ensino-aprendizagem dos estudantes.

Ainda segundo a TAD, como não existe *práxis* sem *logos* e vice-versa, o saber que não contemple todos os elementos de uma praxeologia não pode ser, portanto, considerado completo. Assim, não basta saber resolver um problema, uma atividade ou uma questão de física, deve-se saber justificar essa resolução e entender a teoria por trás da justificativa e da técnica empregada na resolução.

Quanto aos momentos didáticos propostos pela TAD, na primeira aula do estudo do efeito fotoelétrico temos a identificação dos três primeiros momentos didáticos: *o momento do primeiro encontro, o momento exploratório e o momento do trabalho da técnica.*

O primeiro momento ocorreu no instante em que o professor apresentou aos estudantes a tarefa a ser resolvida, ou seja, trouxe para os estudantes a situação de aprendizagem que seria investigada com o auxílio do simulador virtual acerca do fenômeno do efeito fotoelétrico.

Quanto ao momento exploratório, Chevallard, Bosch e Gascón (2001) destacam que esse momento deve, por meio da exploração de diversos problemas, propiciar a construção de uma técnica que possibilite resolver o tipo de tarefa relacionado ao problema em questão.

Todavia, esses autores advertem que em uma instituição de ensino a técnica pode emergir do trabalho dos estudantes ou ser apresentada pelo próprio professor. É o que ocorreu nesse caso, no qual o professor apresenta aos estudantes a técnica que será utilizada na resolução do problema. Ou seja, o emprego do simulador virtual.

Assim, a apresentação das técnicas que serão utilizadas para resolver a tarefa está aparentemente explícita no roteiro da atividade entregue aos estudantes. Ainda assim, a

técnica apresentada permite a eles inferirem outras que não se encontram no roteiro, exigindo deles um levantamento cuidadoso das variáveis que são relevantes para a resolução da situação de aprendizagem proposta.

No entanto, o professor questiona-se ao término da atividade quanto à pertinência de apresentar logo no início da tarefa a técnica que será utilizada pelos estudantes. Por esse fato, a mesma tarefa ao ser aplicada em outra turma acaba sendo desenvolvida sem o auxílio do roteiro, de forma que os estudantes possam, de *livre escolha*, determinar as variáveis relevantes para que o problema pudesse ser resolvido.

Contudo, embora sem um roteiro formal, mas com as devidas orientações verbais do professor quanto ao cuidado ao examinar as variáveis presentes no simulador, os estudantes conseguiram organizar uma forma de investigar o fenômeno de modo a chegar às próprias conclusões, mas em um tempo maior, conforme o relato abaixo:

***ES(Professor):** Acredito que a atividade foi mais proveitosa nos casos em que não entreguei o roteiro escrito a ser seguido. A primeira classe que recebeu o roteiro realizou a atividade logo após a apresentação da explicação teórica sobre a experiência de Planck e o modelo atômico de Bohr. Foram detalhadamente orientados sobre o modo como deveriam realizar o experimento e o que deveriam observar. Isso não deixou espaço para que eles utilizassem a imaginação criativa. Embora eles tenham chegado a essa conclusão após seguirem o roteiro do experimento, no questionário final do módulo aplicado ao término de todas as atividades, os mesmos estudantes que elaboraram o comentário acima deixaram em branco as respostas às perguntas: “O que é o efeito fotoelétrico?” e “Resuma, nas suas palavras, qual é a natureza da luz.”, indicando que eles ainda necessitariam de mais algum tempo para assimilar e construir o seu próprio conhecimento.*

Percebemos na atitude do professor diante de seus comentários uma preocupação com a construção do conhecimento do estudante na atividade proposta. A opção metodológica de utilizar ou não o roteiro está associada com a possibilidade de que o estudante consiga, a seu tempo, fazer a elaboração e a construção da explicação do fenômeno. Para isso, faz-se necessária a utilização de alguns conceitos-chaves para que a explicação possa ser elaborada. Logo, podemos inferir que o professor, ao fazer tal

escolha está de alguma forma fazendo o exercício da VE nesse contexto, pois está preocupado com a questão da melhoria do processo de ensino-aprendizagem.

Quanto ao *momento do trabalho da técnica*, a atividade proposta favoreceu um trabalho adequado da técnica escolhida, fornecendo condições para que os estudantes a dominassem e conseguissem, com o desenvolvimento da atividade, a verificação da sua precisão, validade e possíveis limitações, frente ao problema apresentado.

Diante disso, entendemos que o não fornecimento de um roteiro pronto aos estudantes acabou, de certa forma, exigindo deles um cuidado ainda maior na investigação do fenômeno, mas, conforme já observado anteriormente, em um tempo relativamente maior, mas, ainda assim, importante no desenvolvimento e compreensão da atividade.

Segundo o professor, ele acabou ficando, em certos momentos, em dúvida ao pensar no tempo de aula, pois queria a todo custo que aquilo que programou para uma aula, acontecesse, de fato, nesse tempo. Entretanto, reconhece que a atividade feita em um tempo maior acabou favorecendo aos estudantes situações que nem sempre são contempladas em um roteiro pronto e que exige, muitas vezes, apenas o simples preenchimento de lacunas deixadas de forma proposital.

A esse respeito, o professor comentou que:

***ES(Professor):** Os estudantes tem potencial para produzirem, mas as vezes a pressa que impomos a eles acaba atrapalhando o processo do observar, pensar, refletir e se expressar com suas palavras. Sinto que pudei várias vezes meus estudantes pela simples preocupação com o meu tempo, esquecendo-me do tempo deles. No curso de formação vivenciei isso no papel de aluno, mas os professores agiram da forma como eu gostaria de ter agido. Quando tive um tempo maior para pensar sobre o que estava fazendo, consegui chegar a conclusões muito interessantes e com conteúdo. Tenho tentado na medida do possível manter essa mesma prática em outras situações. Tenho deixado os alunos pensarem. Alguns até relutam, mas depois percebem que ao pensarem, elaborarem hipóteses e colocarem elas em teste, ajuda no próprio entendimento daquilo que estão estudando. Não é fácil fazer isso. Tenho que ficar me policiando para não dar a resposta, principalmente pela questão do tempo que sempre está batendo a nossa parte. Na escola parece que tudo*

é muito corrido, mas poderia ser mais devagar para favorecer esse tipo de atitude dos professores e dos alunos.

Percebemos na fala do professor a necessidade de fazer o estudante pensar, refletir sobre o que esta fazendo. Ainda em sua fala ele expõe a percepção de que o professor deve fazer o mesmo, ou seja, em certos momentos precisa parar para refletir sobre o que faz e o que pretende fazer. Podemos associar tal atitude a um indício de uma ação reflexiva sobre a própria prática, uma vez que o professor percebe que a realização da atividade é importante, porém mais importante ainda é dar a oportunidade para que os estudantes reflitam sobre o que está sendo feito, sem que ele forneça de forma imediata uma resposta pronta.

A seguir, apresentamos a análise da segunda aula da atividade do efeito fotoelétrico.

5.4.2 - Segunda aula: explicação do fenômeno

A segunda aula sobre o efeito fotoelétrico (aula 7) teve início com a turma na própria sala de aula e o professor retomando a atividade realizada na aula anterior.

Depois de decorridos alguns minutos entre a chegada dos estudantes e os encaminhamentos comuns a uma aula, o professor se dirigiu ao centro da sala, ficando mais próximo à lousa e, em seguida, solicitando aos estudantes que explicassem sobre o que foi trabalhado na última aula.

A estratégia pedagógica usada, em princípio, não surtiu o efeito esperado, pois os estudantes permaneceram em silêncio. Após alguns instantes, o silêncio foi interrompido por alguns estudantes que, de forma acanhada, levantaram a mão e começaram a comentar a respeito da atividade da aula anterior mais espontaneamente, conforme as transcrições a seguir:

A₆ 10'20"	<i>"Fizemos uso do simulador virtual para entender o efeito fotoelétrico."</i>	
A₁ 10'25"	<i>"Fizemos isso em grupo."</i>	Estudante aponta para seu colega da atividade.
Professor	<i>"Alguém mais tem algo a comentar da</i>	O professor se posiciona

10'29"	<i>aula passada? Mais alguém? Vamos lá, sem medo!"</i>	entre as carteiras dos estudantes do meio da sala.
A₄ 10'33"	<i>"Achei a atividade muito fácil. O simulador facilitou a nossa vida."</i>	
Professor 10'38"	<i>"Por quê?"</i>	
A₄ 10'40"	<i>"Ora, era só alterar as variáveis e perceber o que acontecia!"</i>	
Professor 10'42"	<i>"Só isso?"</i>	
A₁ 10'45"	<i>"Era para entendermos o que era o efeito fotoelétrico!"</i>	
Professor 10'49"	<i>"E deu para entendê-lo?"</i>	

Percebemos, assim, que o professor está tentando resgatar os momentos didáticos vivenciados pelos estudantes na aula anterior e, ao mesmo tempo, procurando iniciar o momento do bloco tecnológico-teórico.

Para isso, a estratégia empregada foi a do estabelecimento de uma prática dialógica com os estudantes, de forma a conduzi-los a uma retomada da tarefa e da técnica usada na solução da tarefa, bem como das variáveis relevantes e que permitiram estruturar o entendimento do fenômeno físico. A esse respeito o professor fez o seguinte comentário:

***ES(Professor):** Não é fácil fazer os alunos participarem. Quando comecei a dar aula não percebia isso. Acreditava também que era bom para o aluno dar muito conteúdo. Minhas aulas eram muito conteudistas. Quando comecei a fazer os cursos na USP e em outros lugares fui percebendo que precisava dar a oportunidade para que os alunos falassem. Isso me custou tempo e paciência. Não estava acostumado com aquela forma de trabalhar. Parecia menos problemático fazer exercícios, mas tentar estabelecer um diálogo na sala de aula, com 35 ou 40 alunos, e adolescentes não tem sido uma tarefa das mais fáceis. Estou*

aprendendo aos poucos. Acredito que se tivesse feito uma licenciatura, talvez tivesse percebido isso com antecedência.

Podemos novamente inferir diante do comentário do professor que ele tem procurado exercitar certa ação reflexiva sobre sua prática, o que pode ser identificado a partir do momento em que modifica a sua forma de trabalhar em suas aulas, principalmente por entender que aquela forma não seja a mais adequada ou indicada para a produção de um espírito investigativo e, acima de tudo, facilitador de uma melhoria no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes. Tal atitude, conforme já apresentado no capítulo 2 da tese, seria bastante desejada nos professores em quaisquer circunstâncias e não somente no momento da implementação de uma inovação curricular.

Durante o diálogo estabelecido entre o professor e os estudantes, ficou evidente que alguns estudantes estavam pouco confortáveis diante daquela situação, como se não quisessem participar. O professor credita isso em certos momentos à presença da câmera na sala de aula. Mais tarde, esses mesmos estudantes, quem sabe motivados pelos comentários de outros colegas de turma, acabaram também se engajando nas discussões tornando-as bem mais interessantes.

O professor nessa etapa demonstrou na maior parte do tempo atitudes de incentivo de forma que os estudantes se expressassem e, portanto, falassem sem medo, reforçando que a participação deles era fundamental e que traria contribuições positivas no aprofundamento da questão inicial. Portanto, ele novamente tentou com a ajuda dos estudantes fazer o levantamento da questão que motivou a atividade, de forma que conseguisse, por meio das discussões, iniciar o seu fechamento.

É nesse momento que as variáveis relevantes do problema acabam sendo retomadas por alguns estudantes, bem como a articulação entre elas em relação às observações no simulador, como pode ser identificada nas transcrições a seguir:

Tempo	Transcrição	Gestos
Professor 15'40"	<i>"E aí? O que vocês concluíram sobre a atividade da aula passada?"</i>	
A₁ 15'50"	<i>"Depende da luz, não é?"</i>	

Professor 15'55"	<i>"Quem concorda? Ou discorda?"</i>	
A₂ 16'01"	<i>"Depende do material."</i>	
Professor 16'03"	<i>"Afim, depende de quem?"</i>	
A₃ 16'10"	<i>"Eu também acho que depende da intensidade da luz."</i>	
A₄ 16'15"	<i>"Depende de tudo isso e do comprimento de onda! E depende também da cor, que é dada pelo comprimento de onda. Está aqui no meu caderno. Eu vi tudo isso."</i>	O estudante aponta para o caderno onde estão os dados registrados.
Professor 16'22"	<i>"Afim, depende de quem, hem?"</i>	
A₄ 16'25"	<i>"Depende de tudo isso!"</i>	
A₃ 16'28"	<i>"É verdade, faz sentido agora! Professor, que está certo."</i>	
Professor 16'32"	<i>"Veremos depois! Aguardem!"</i>	O professor sorri para a turma e os estudantes riem também.

Isso indica que não houve apenas um interesse dos estudantes pelo uso da técnica, mas também um interesse em compreendê-la mais a fundo. Logo, os pontos destacados anteriormente sobre a atividade sugerem a busca do professor por uma confirmação da sua *operacionalidade*, o que pode ser corroborado pelos comentários dos estudantes que conseguiram identificar as variáveis relevantes na tarefa.

Embora seja um tanto prematuro afirmarmos, acreditamos que ao longo do tempo essa atividade possa apresentar uma potencialidade para se enquadrar nos termos da *terapêutica*. Isso, de fato, exigiria um tempo bem maior para que se pudesse avaliar, com o rigor necessário, esse aspecto extremamente importante e fundamental para que os saberes transpostos possam se adaptar na sala de aula segundo a TTD.

Porém, diante da reação dos estudantes e o seu envolvimento em meio às discussões, podemos inferir que a atividade tem um potencial de operacionalidade grande e ainda mais aguçado pelo uso do simulador, como já foi salientado por um dos estudantes.

A sua forma de abordagem pode ser modificada em função dos interesses formativos do professor. Assim, esse elemento deveria estar presente no processo de formação docente, ou seja, o professor deveria conseguir reconhecer a sua importância e a autonomia que tem frente à criação de situações de aprendizagem que promovam, de fato, discussões relevantes na sala de aula, principalmente em situações onde se espera a inserção de uma inovação curricular.

Dessa forma, percebemos que o bloco tecnológico-teórico vai se constituindo de uma forma gradual, porém com o auxílio fundamental do professor que é o responsável por essa construção, principalmente por meio da prática dialógica, a qual o próprio professor concorda ser de fundamental importância na promoção da construção do conhecimento dos estudantes, o que pode ser constatado na transcrição a seguir:

***ES(Professor):** Percebi que embora seja mais trabalhoso tentar estabelecer um diálogo com eles, ao mesmo tempo isso permite que eles expressem de forma mais clara suas ideias e, ao mesmo tempo, sejam mais participativos, algo que eu reparei que não vinha acontecendo inicialmente nas minhas aulas quando comecei a lecionar. Quando eles não falavam parecia ser mais fácil, pois acreditava que eles tinham entendido tudo. Porém, fui percebendo que isso mais adiante atrapalhava o aproveitamento deles. Faltava uma interação maior minha para com eles e vice-versa. Era uma aula menos participativa e muito mais baseada na transmissão. Foi difícil reconhecer isso. Tive que aprender a fazer uma aula diferente.*

Ele ainda comenta que essa prática pode se tornar perigosa em alguns momentos ao professor, pois sem uma preparação e/ou condução adequada, pode levar a aula a um caminho mais tortuoso ou a uma não compreensão adequada daquilo que se tinha planejado para a aula. Tal aspecto pode ser constatado no seguinte comentário do professor:

ES(Professor): *Dar aulas sobre conteúdos tradicionais da física já não é uma tarefa das mais fáceis. Quando comecei a trabalhar com conteúdos da física moderna percebi que era uma tarefa mais complicada ainda, principalmente pelo de fato de no meio de uma aula eu ter que me deparar com uma pergunta de um estudante e não saber como conduzi-la sem que eu sáísse do tema proposto para a aula, ou ainda, conseguisse retomar para aquilo que eu havia programado. Reconheço que fui pego de surpresa muitas vezes por meio de boas perguntas que meus alunos me fizeram, as quais mais tarde eu percebi que não estava preparado para respondê-las de uma forma adequada. Isso aos poucos foi se apresentando como uma necessidade de estudar e procurar uma capacitação ou algo que me permitisse reparar essas minhas falhas.*

Ainda sobre isso, outro aspecto que o professor destaca é quanto ao tempo de preparação fora da sala que precisa ter para que consiga administrar essa estratégia em uma aula desse tipo e nesse contexto particular da inovação, pois essa forma de interação entre professor-estudantes e estudantes-estudantes exige espaços para que eles falem e tenham outros espaços para uma assimilação adequada das novas ideias que se apresentam. Sobre isso, o professor comenta o seguinte:

ES(Professor): *Como não fiz uma licenciatura, comecei a lecionar matemática da maneira como aprendi. Quando comecei com as aulas de física, tentei fazer do mesmo jeito. Com o tempo fui percebendo que o retorno dos estudantes era pequeno em tudo, principalmente na interação, motivação e nas notas. Quando comecei a me preocupar com isso, vi que grande parte dessa situação estava relacionada com minha forma de trabalhar. Assim, tentei ir mudando algumas coisinhas aqui outas ali, e fui percebendo alguns resultados pontuais, mas que me alertaram para que eu continuasse nessa linha de mudanças. O que mais me atrapalhava eram as quantidades de aulas que eu tinha. Faltava um tempo maior para planejar e isso se tornou mais grave quando veio a nova proposta curricular de física. Quando comecei a perceber aquelas situações de aprendizagem e o que os estudantes teriam que fazer,*

percebi que teria que preparar as aulas melhor e me preparar também melhor para ministrá-las.

Percebemos, neste caso, o papel fundamental do professor em conduzir as discussões e levá-las a um caminho que propicie o seu entendimento aos estudantes. Ou seja, o papel do professor nesse contexto necessita de uma ressignificação no espaço escolar, de forma a adequá-lo aos novos desafios que essa forma de abordagem e de inserção de novos conteúdos exige.

Constatamos também que é na condução das discussões presentes nessa segunda aula que aparecem ricos comentários dos estudantes e, portanto, visões acerca da ciência e da natureza da luz, que, de certa forma, acabam impressionando, como se pode observar nas transcrições a seguir:

Tempo	Transcrição	Gestos
Professor 20'22"	<i>"Pessoal, e a luz? Algo a comentar dela nessa história?"</i>	O professor aponta para a lousa onde fez o desenho da placa metálica e do canhão de luz presentes no simulador.
A₁ 20'25"	<i>"Sem ela nada acontece."</i>	
Professor 20'29"	<i>"Explique melhor."</i>	
A₁ 20'34"	<i>"Se ela não for a certa, nada acontece."</i>	
Professor 20'37"	<i>"Simplesmente assim?"</i>	
A₁ 20'42"	<i>"Acho que sim!"</i>	
A₄ 20'46"	<i>"Na verdade, percebi que quanto menor é o comprimento de onda, maior é a energia. Para expelir os elétrons é preciso ter mais energia."</i>	

Professor 20'50"	<i>"Algo mais?"</i>	
A₄ 20'53"	<i>"Os elétrons vão mais rápido quando tem mais energia na placa!"</i>	
Professor 20'56"	<i>"Você sabe por quê?"</i>	
A₄ 21'00"	<i>"Sei lá, deve ter relação com a luz, não é, que atinge a placa!"</i>	

Diante das transcrições, percebemos que os estudantes vão trazendo elementos que foram percebidos ao longo da execução da atividade e que vão alimentando as discussões. Entretanto, a posição do professor é sempre a de não fornecer uma resposta direta ou imediata às perguntas dos estudantes, exigindo dele um cuidadoso policiamento.

Alguns estudantes, entretanto, em um momento ou outro, questionam o professor sobre o instante exato da ocorrência do efeito fotoelétrico no simulador quando o alvo escolhido é o sódio. Nesse momento, mais uma vez, o professor direciona a pergunta aos demais estudantes. Isso foi deixando alguns impacientes, a ponto de pedirem ao professor que dissesse logo a resposta correta.

Outro momento de destaque da aula foi quanto ao início da discussão da natureza da luz. Isso ocorreu logo após a constatação da importância das variáveis relacionadas às características físicas da luz para a compreensão do fenômeno, conforme as transcrições a seguir:

Professor 24'14"	<i>"Quanto à luz, do que ela é feita?"</i>	
A₃ 24'20"	<i>"Energia."</i>	
A₄ 24'26"	<i>"Ondas de energia."</i>	
Professor 24'30"	<i>"Ondas. De que tipo?"</i>	
A₄	<i>"Aqueles que nós vimos no outro"</i>	

24'33"	<i>simulador!"</i>	
A₃ 24'37"	<i>"Não eram eletromagnéticas? Eu acho!"</i>	

Aos poucos vai se delineando a necessidade de uma tecnologia que favoreça a explicação do fenômeno, afinal, as variáveis já foram delimitadas e a alteração delas no simulador já foi investigada, trazendo algumas evidências que já apareceram inclusive nas transcrições apresentadas.

Isso, em princípio, parece-nos fazer com que o professor comece a se sentir pressionado pelos estudantes. Diante disso, ele recorre a uma analogia para explicar o fenômeno. Para isso vai até a lousa e desenha um pequeno degrau. Coloca, em seguida, uma pequena bolinha no nível mais baixo desse degrau. Após alguns instantes de silêncio, volta-se para a turma e a questiona da seguinte maneira, conforme a transcrição a seguir:

Tempo	Transcrição	Gestos
Professor 27'15"	<i>"O que vocês acham que deveria ser feito para que essa bolinha conseguisse subir esse degrau?"</i>	O professor aponta para a lousa onde fez o desenho da bolinha e do degrau.

Quase que imediatamente um estudante diz que seria necessário chutar a bolinha, afinal, ela não subiria o degrau de forma espontânea. Esse fato suscitou nos demais estudantes um silêncio e, ao mesmo tempo, um sinal de concordância em relação ao que o colega afirmou frente à pergunta do professor.

Foi com o uso dessa analogia que o professor conseguiu introduzir a ideia de um degrau de energia para que os elétrons conseguissem ser arrancados do alvo, sendo a luz e sua cor (frequência e comprimento de onda) a grande responsável pelo fornecimento da energia necessária aos elétrons.

Na entrevista semiestruturada, o professor ao ser questionado a respeito da analogia empregada na aula 7 sobre o efeito fotoelétrico, acabou trazendo algumas considerações interessantes sobre a escolha dessa analogia. Segundo ele:

ES(Professor): Estava em casa separando materiais para jogar fora quando encontrei um livro antigo de física do Ramalho³⁵. Como estava preparando o material da sequência didática, separei ele para usar depois. Quando decidi usar o efeito fotoelétrico na sequência, tempos depois fui olhar esse livro e vi que no capítulo de circuitos elétricos, o Ramalho usava essa analogia para explicar a necessidade da força eletromotriz da bateria. Lembrei disso naquele momento e acabei usando para gerar aquela analogia. Parece-me que deu certo.

A ideia de levar o simulador para a sala de aula teve uma forte influência a partir daquilo que foi desenvolvido no curso de formação continuada. Porém, a discussão que se estabeleceu na formação aparentemente não serviu como única referência para aquilo que foi feito em sala de aula pelo professor, ou seja, o saber de referência usado por ele na explicação do fenômeno foi transposto a partir de uma analogia presente em um livro didático do Ensino Médio e relacionado a outro conteúdo.

Entendemos que isso possa ter acontecido em virtude do enfoque dado na atividade realizada na formação continuada que, embora tenha abordado a questão da função-trabalho de um metal, a quantidade mínima de energia dos fótons da luz para ocorrência do efeito fotoelétrico, a determinação da constante de Planck e a frequência de corte, ainda assim, isso não tenha atendido às expectativas desse professor em se traduzir a explicação do fenômeno de uma forma mais clara aos seus estudantes. Daí, possivelmente, a sua busca por outra referência que lhe permitisse na sala de aula estabelecer um diálogo com os estudantes acerca da energia necessária para ejetar elétrons da estrutura do metal.

Portanto, quanto ao exercício de uma *vigilância epistemológica* nessa etapa, podemos afirmar ela se manifesta. Isso é perceptível quando ele utiliza uma analogia clássica para materializar e tornar palpável o entendimento do fenômeno aos estudantes no momento da construção do bloco tecnológico-teórico, sem ao menos confrontar essa ideia com aquelas presentes no verdadeiro fenômeno, que é de natureza quântica.

Quando perguntado a ele sobre a aula e a discussão do efeito fotoelétrico no curso de formação, afirmou que o nível da discussão estava muito além daquilo que poderia discutir com os estudantes, pois lá chegaram a falar sobre a curva característica do

³⁵ RAMALHO et al. **Os Fundamentos da Física - Eletricidade e Física Moderna**. 1. ed. São Paulo: Editora Moderna, 1976.

fenômeno de modo que, a partir dela, fosse obtida a função-trabalho do metal, a constante de Planck e a frequência de corte. Logo, optou por outras estratégias de discussão com os estudantes. Isso fica mais evidente na seguinte transcrição:

ES(Professor): O curso de formação foi adequado e de certa forma foi além do que eu esperava. Tive a oportunidade de manter contato com discussões sobre conteúdos da física que até então não havia tido em minha formação. Como não fiz uma licenciatura, percebo hoje mais claramente lacunas na minha formação que precisam ser preenchidas. Esse curso me propiciou preencher algumas delas. Assim, percebi que muitos dos fenômenos físicos presentes na física moderna precisam ser mais bem estudados por mim e por qualquer professor que se aventure na difícil tarefa de explicá-la na sala de aula, pois são tantas variáveis envolvidas que corremos o risco de nos atrapalharmos com elas no meio de uma discussão. O efeito fotoelétrico é um exemplo disso, sua explicação está baseada em uma interação entre luz e metal que precisa de uma analogia para ser mais bem compreendida em minha opinião. Foi o que eu tentei usar na minha exposição aos alunos na aula da explicação do fenômeno. Tentei adaptar a explicação para termos mais simples e que fizessem sentido para eles. Acredito que a analogia tenha surtido bons resultados, afinal, alimentou boas discussões e participação dos alunos.

Assim, o professor de certa maneira conseguiu identificar que deveria promover adaptações ao conteúdo de forma que ele atendesse ao seu projeto formativo e aos objetivos traçados com a elaboração da sequência didática. Ou seja, entendemos que o professor está novamente e de forma intuitiva exercitando a *vigilância epistemológica*, pois consegue identificar que aquilo que foi trabalhado na formação tinha outros objetivos formativos, enquanto que na sala de aula, onde lida com estudantes do Ensino Médio, os objetivos formadores são outros.

Outro aspecto propiciado pelo emprego da analogia foi o comentário trazido por um estudante logo após a analogia do professor. Ele disse que quanto mais perto do núcleo, maior seria a força necessária para o elétron sair, assim precisaria de uma luz com mais ondas de energia, caso contrário, nada acontece.

Esse estudante, embora tenha feito uma pequena confusão entre algumas ideias e conceitos usados em seu argumento, acabou, ainda assim, relacionando a aula que teve sobre espectroscopia³⁶ e o modelo atômico de Bohr para elaborar uma explicação, segundo ele, mais adequada em relação à analogia empregada pelo professor. Isso mostra que a aula acabou conduzindo esse estudante a um processo de reflexão, organização das ideias e do conhecimento, além de um entendimento a respeito daquilo que observou e ouviu em sala de aula. Nesse processo, procurou reelaborar os conhecimentos de forma que lhe fizessem sentido. Tal aspecto nos remonta a ideia da coautoria proposta por Demo (2011 e 2015), pois é por meio dessa reelaboração e reestruturação do conhecimento a partir de uma ação também reflexiva que o estudante e o próprio professor acabam aprendendo ao se colocarem na posição de autores.

5.4.3 - Terceira aula: sistematização do fenômeno

Na aula 8, finalmente, temos o início do *momento da institucionalização*, que é vivenciado quando o professor volta à cena no momento de institucionalizar os saberes que foram sendo trabalhados de forma implícita na atividade, ou seja, elementos como a função trabalho do metal, comprimento de onda da luz, energia cinética máxima dos elétrons ejetados do metal, entre outros.

Essa situação se dá no momento em que o professor retoma os elementos desenvolvidos na atividade, o que permite a passagem de um estágio informal para um estágio formal em relação aos conceitos principalmente, permitindo, assim, que todos os componentes da *organização física* sejam oficializados de acordo com a instituição em que se desenvolve a atividade, ou seja, a I_E.

Quanto à atividade, é perceptível que a observação da emissão ou não de elétrons pelo alvo (metal) foi um ponto de destaque da atividade, favorecendo aos estudantes o estabelecimento de algumas relações entre as variáveis que agem diretamente sobre o fenômeno e que, portanto, definem as condições de ocorrência do fenômeno. Sobre isso, o professor expõe o seguinte comentário:

ES(Professor): *A atividade, embora seja virtual, é bastante lúdica e consegue colocar os alunos diante de um problema que precisa ser*

³⁶ Essa corresponde a aula 4 da sequência didática.

resolvido. Mesmo para os alunos que não tinham o hábito de se envolverem tanto nas aulas, a atividade acabou propiciando um momento para que eles conseguissem se expor do seu jeito. Precisei estudar antes, para entender como faria essa discussão com os alunos. Na formação parecia mais fácil para os docentes. Na sala de aula a coisa nem sempre é tão amistosa. O professor precisa saber fazer as perguntas para dar o pontapé inicial da discussão. Ainda assim, mesmo com tantas preocupações, já aconteceu inúmeras vezes de a coisa sair de um jeito que eu não queria. Logo, o professor precisa estar preparado. Na formação conversamos sobre isso. Os colegas da formação disseram, muitas vezes, que temiam por não saber como conduzir a discussão, principalmente por não dominarem plenamente o conteúdo. Tive o mesmo sentimento em certos momentos. Mas, no meu caso, entendo que me faltou uma formação inicial mais sólida.

Essa visão particular do professor sobre sua formação denota uma preocupação constante com a melhoria de sua prática, afinal, sem ela, o trabalho e a implementação da inovação curricular em sala de aula pode ficar comprometida. Diante disso, o professor assume que a formação continuada permitiu a ele o reconhecimento dessas lacunas em sua formação e, ao mesmo tempo, deu-lhe a oportunidade para que outras fossem preenchidas. Ainda assim, reconhece que necessita de mais estudos e outras atividades complementares que lhe auxiliem na melhoria de sua prática docente, conforme pode ser observado na transcrição a seguir:

ES(Professor): *Percebi, ao começar a dar aula, que minha formação em engenharia talvez me desse o domínio sobre certos conteúdos, mas não o domínio da melhor maneira de levá-los para a sala de aula. Enquanto trabalhei da forma tradicional a coisa até que funcionou bem. Quando resolvi mudar para que meus alunos também mudassem, comecei a ter dificuldades. Reconheci com o tempo que precisava de uma formação complementar, algo que me desse uma bagagem para lidar com essa nova perspectiva de ensinar.*

Apesar das lacunas em sua formação que o próprio professor reconhece, conforme apresentado anteriormente, ainda assim, outro aspecto que se destaca é a importância da figura do professor nesse contexto. Ela está relacionada ao êxito aparente no desenvolvimento e gerenciamento da execução da sequência didática, em termos de atividades e discussões que produziram durante a atividade e seu processo de sistematização na sala de aula. Isso acaba nos evidenciando que o professor tentou fazer uso da *criatividade didática*, ousando empregá-las na estruturação da sequência didática, de forma a atender principalmente aos objetivos do seu projeto inicial de ensino e que visava à inserção de novos conteúdos nas aulas de física.

Podemos, portanto, identificar aspectos de uma *vigilância epistemológica* sendo exercida de uma forma, talvez, inconsciente pelo professor. Isso se apresenta no momento em que ele reconhece a necessidade de uma melhoria em sua formação, pois sem ela não conseguiria desenvolver as adaptações necessárias para que os aspectos da inovação curricular pudessem ser levados para a sala de aula e, acima de tudo, visando à melhoria do processo de ensino-aprendizagem.

Concluimos também que o mérito do professor pode ser estabelecido em função das escolhas das atividades que fez em seu programa de ensino, proporcionando condições para que os novos saberes chegassem ao ambiente escolar e, uma vez lá, tivessem uma chance de se estabelecerem mediante as condições de contorno apresentadas. Diante disso, identificamos, ainda que de forma incipiente, uma ação reflexiva sobre a prática docente que se aproxima do exercício de uma *vigilância epistemológica*.

Após a análise das aulas e a partir dos momentos identificados em cada uma delas, podemos destacar os seguintes aspectos na realização da atividade do efeito fotoelétrico:

- a apresentação das questões de forma mais clara por parte do professor para que as mesmas servissem de orientação para a execução da atividade pelos estudantes;
- a própria aplicação da atividade e sua execução que ocorreram de forma satisfatória, favorecendo, principalmente, o espírito investigativo nos estudantes;

- o processo de sistematização final que permitiu o fechamento da atividade com a devida formalização dos conceitos que foram trabalhados na atividade investigativa.

Assim, analisando-se as aulas 6, 7 e 8 é possível verificarmos a existência de todos os *momentos didáticos* e que permitem a análise da nova *organização praxeológica* (OP) que se procura estabelecer na sala de aula.

Isso novamente nos fornece indícios de que a *programabilidade* está em andamento e, de certa forma, procurando se consolidar aos poucos. Porém, esse processo também demanda certo tempo de implementação no ambiente escolar para que seja plenamente atestado, o que nem sempre pode ser percebido, uma vez que uma sequência como a que foi analisada apresenta um período de aplicação considerado curto.

Assim, para cada momento previsto na sequência, verificamos os seguintes tempos de execução:

- **1º momento:** apresentação das questões de orientação da atividade ocorrida na aula 6: teve duração de 10 minutos;
- **2º e 3º momentos:** aplicação e execução da atividade ocorrida na aula 6: teve duração de 30 minutos;
- **4º momento:** discussão e formalização dos conceitos ocorrida na aula 7: teve duração de 35 minutos;
- **5º e 6º momentos:** fechamento da atividade com a sistematização dos conceitos e referência aos aspectos históricos da descoberta do efeito fotoelétrico ocorrida na aula 8 com uma pequena atividade avaliativa dos principais pontos: teve duração de 35 minutos.

Na programação da sequência didática (ver tabela 2) já estava previsto o tempo de desenvolvimento de todas as aulas e das respectivas atividades. Isso também forneceu indícios da *operacionalidade* e da *programabilidade* que o professor procurou impor

para que a sequência se adequasse ao tempo didático, aspectos certamente importantes no momento de levar tais ações para a sala de aula, uma vez que o tempo didático pode se tornar um fator limitador dessa implementação de uma forma adequada e atendendo ao projeto formativo do professor.

Dessa forma, foi possível ao professor realizar a administração do tempo didático previsto para cada aula, não deixando que ela fosse nem muito rápida, nem muito lenta, utilizando-se de forma adequada o tempo disponibilizado conforme o planejamento inicial. Isso, a nosso ver, apresenta-se como um aspecto positivo na prática desse professor em relação ao cumprimento da sua sequência didática, principalmente ao considerarmos que o professor é quem deve ditar o ritmo didático da aula em confronto com o tempo didático disponibilizado, ou seja, cabe ao professor inserir esse ritmo para que a aula prevista possa se estabelecer no tempo didático.

Diante dos aspectos apresentados e dos pontos destacados ao longo do capítulo, temos indicações de um relativo sucesso quanto à aplicação da sequência e da sua transposição para a sala de aula. Outro detalhe que não pode ser ignorado é o fato de que com as atividades desenvolvidas conseguiu-se criar um *objeto didático* (OBD) que auxiliasse no aprendizado dos estudantes. Sobre isso, o professor fez o seguinte comentário:

***ES(Professor):** Acredito que a atividade da forma como ela ficou, acabou se tornando uma atividade que outros colegas poderiam usar em suas respectivas escolas. Um professor do colégio onde eu trabalho já aplicou essa mesma atividade e me relatou que ela foi muito bem aceita pelos alunos. Assim, acredito eu, que ela esteja adequada para os alunos do Ensino Médio. O que mais me agrada é que ela coloca os alunos para trabalhar, pensar e o melhor de tudo, exporem suas ideias, o que nem sempre acontecia em minhas aulas. [...] reconheço que nem todos os temas eu consigo trabalhar assim. Preciso de tempo para fazer as adaptações necessárias, mas estou tentando. Acredito que o curso de formação me propiciou isso essa forma diferente de ensinar ciências, mas dá muito trabalho. Porém, tenho tentado criar coisas novas e que atraiam os alunos e os façam pensar, escrever, opinar.*

Diante da fala do professor e do seu objeto didático, com base na TTD esse fato configura o exercício da *criatividade didática*, algo extremamente importante a todo processo de produção de saber escolar e, mais ainda, desejado em situações que envolvam inovação curricular. Outro aspecto importante é que o professor, ao fazer isso, consegue inserir na instituição escola um *objeto didático* que passa a ser reconhecida pelo próprio professor e pelos estudantes como tal, pois ele cumpre com uma função específica. Logo, segundo a TAD, esse objeto, nesse contexto, passa a fazer parte da nova *organização didática* e *organização física* levada pelo professor para as aulas de física na perspectiva da inserção da inovação curricular.

Contudo, essa nova *organização praxeológica* ainda se encontra em um estágio, segundo a TAD, de *praxeologia pontual*, necessitando de outras integrações a outras atividades para que se torne uma *praxeologia local*. Entendemos que isso possa ser alcançado mediante o estabelecimento de uma *terapêutica*, o que demandaria um tempo maior para essa constatação.

O aspecto da *criatividade didática* e da constituição de um novo *objeto didático*, podem ser evidenciados nas transcrições abaixo, referentes à aula 8:

Tempo	Transcrição	Gestos
Professor 62'55"	<i>“Pessoal, em que conclusões vocês chegaram? Qual o fator determinante para que o metal consiga emitir elétrons?”</i>	
A₁ 63'01"	<i>“É óbvio professora, é a cor da luz.”</i>	
A₂ 63'03"	<i>“É, mas depende do metal.”</i>	
A₃ 63'05"	<i>“Também acho.”</i>	
Professor 63'07"	<i>“Afim, para o sódio que foi usado inicialmente, qual a cor de luz que causa o efeito?”</i>	O professor aponta para a lousa onde está representado o aparato experimental utilizado no simulador.

A₄ 63'09"	<i>"É a luz verde!"</i>	
Professor 63'12"	<i>"Por que, então, não ocorre para outras cores?"</i>	O professor mostra aos estudantes o espectro eletromagnético presente na tela da TV da sala de aula.
Professor 63'16"	<i>"Pessoal, por quê?"</i>	
A 63'18"	<i>"Depende da energia da luz!"</i>	
Professor 63'21"	<i>"Então tem maior ou menor energia que, por exemplo, a luz amarela?"</i>	
A 63'25"	<i>"Maior!"</i>	
Professor 63'27"	<i>"Por quê?"</i>	
A₃ 63'30"	<i>"Tem a ver com a onda!"</i>	
Professor 63'33"	<i>"Por quê?"</i>	
A₃ 63'35"	<i>"A energia da onda!"</i>	
Professor 63'38"	<i>"Vamos lembrar a relação entre frequência e energia."</i>	O professor aponta para a lousa e escreve a equação $E = h.f.$
V(A₃) 63'45"	<i>"Ah professor, lembrei do simulador da aula sobre onda!"</i>	
Professor 63'50"	<i>"Mas, lembrou do quê?"</i>	
A₄ 63'55"	<i>"Daquele negócio sobre um ser maior e o outro também!"</i>	
Professor 63'50"	<i>"Explique melhor!"</i>	

<p>A₄ 64'05"</p>	<p><i>“Só lembro que a luz, ... , espera aí. Era a violeta é a mais energética e tem a maior frequência.”</i></p>	<p>O estudante aponta para o espectro eletromagnético presente na tela da TV da sala de aula.</p>
---	---	---

Assim, percebemos que a *criatividade didática* permitiu fazer uma discussão sobre a maneira como os elétrons foram emitidos pelo alvo metálico. Além disso, isso possibilitou que os estudantes estivessem de alguma forma engajados na busca por um entendimento sobre o fenômeno físico do efeito fotoelétrico, visto que ele não se manifesta com qualquer *tipo de luz* (frequência dos fótons) e ainda de forma independente em relação à intensidade dessa luz.

Podemos perceber ainda o potencial didático que o tópico escolhido pelo professor possui em possibilitar o desenvolvimento de questões qualitativas que permitam discussões acerca da natureza da luz, bem como seu espectro eletromagnético e, de forma mais significativa, colocar em discussão a questão da dualidade onda-partícula, justificando, assim, sua presença na sala de aula.

Em decorrência disso, fica em destaque o caráter da *operacionalidade*³⁷, que permitiu *transformar o saber em exercícios, problemas e situações de aprendizagem*. Dessa forma, entendemos que a atividade pode auxiliar os estudantes na compreensão da natureza da luz, bem como a sua conexão com o espectro eletromagnético, além das relações entre as grandezas físicas fundamentais para a sua compreensão, como comprimento de onda, frequência, energia dos fótons, função-trabalho e energia cinética dos elétrons arrancados do metal.

Todavia, uma questão importante nesse contexto, e que está presente nas regras da TTD, faz menção à forma como o conceito se torna mais compreensível³⁸. Fica, portanto, o seguinte questionamento: será que isso de fato, aconteceu? Para contribuir com elementos que auxiliem na identificação dessa resposta, faz-se necessário a retomada dos momentos didáticos.

O *momento da avaliação* da atividade proporcionou aos estudantes e ao próprio professor a oportunidade de checar e avaliar o domínio sobre a organização praxeológica (tarefas, técnicas, tecnologias e teorias) que foi transposta e materializada na sequência didática de dualidade onda-partícula.

³⁷ Regra IV.

³⁸ Regra V.

Esse momento acabou sendo utilizado pelo professor em diferentes etapas da sequência, por exemplo, durante as discussões entre os estudantes nos pequenos grupos, falas dos estudantes perante a turma toda, ou quando o professor solicitou a eles as explicações referentes aos elementos presentes no interior da *organização física*, conforme destacam as transcrições a seguir da aula 8:

Tempo	Transcrição	Gestos
Professor 10'40"	<i>"Pessoal, o simulador que nós utilizamos serviu para quê? Qual a finalidade dele naquela atividade?"</i>	
Professor 10'45"	<i>"E aí pessoal?"</i>	
A₄ 10'48"	<i>"Como assim?"</i>	
A₃ 10'53"	<i>"Professor, ele foi nossa ferramenta para chegar na resposta."</i>	
A₂ 10'58"	<i>"Professor, daria para fazer isso na prática sem o simulador? Como seria isso?"</i>	
Professor 11'02"	<i>"O que vocês pensam?"</i>	
A₂ 11'04"	<i>"Eu não sei. Nunca tinha visto algo assim. Mas sei que no que fizemos para o sódio era a luz verde que conseguia arrancar elétrons pela energia que essa luz tem."</i>	
A₃ 11'09"	<i>"É verdade. E os elétrons vão mais rápidos quando aumenta a energia da luz. Eu vi no ultravioleta, eles vão bem rápidos."</i>	

Finalmente, do ponto de vista escolar, do currículo de física e da inovação curricular, entendemos que a discussão sobre a natureza da luz e a existência de um modelo corpuscular baseado em fótons, como as partículas constituintes da luz, possam

contribuir para uma nova percepção da natureza, da sua realidade e da maneira como olhamos o mundo ao nosso redor.

Consideramos, portanto, que a presença de tais elementos em sala de aula possam contribuir para uma *atualização moral*, por se tratar de um tópico importante a ser discutido nos dias atuais e, ao mesmo tempo, presente no atual currículo de física das escolas públicas de Ensino Médio do Estado de São Paulo.

Outro aspecto importante está relacionado à questão da *atualização do saber escolar*³⁹ e as discussões que envolvem elementos que permitem ultrapassar os conceitos comumente trabalhados na física clássica, como o modelo ondulatório da luz. Assim, contribui para uma *atualização biológica* dos saberes escolares, uma vez que os saberes transpostos devem estar de acordo com a ciência vigente, deixando, portanto, os conceitos que foram superados para serem ensinados somente em uma perspectiva histórica.

Como muitos aspectos foram apontados ao longo da análise, apresentamos a seguir um quadro resumo (Tabela 3) dos principais aspectos identificados ao longo das três aulas analisadas. Isso permite um delineamento mais adequado das respostas obtidas por meio da pesquisa e dos aspectos identificados em termos da TTD, da TAD e da VE:

Aulas	Aspectos da TTD	Aspectos da TAD	Aspectos da VE
1ª) Investigação do fenômeno.	- Operacionalidade. - Programabilidade. - Criatividade didática.	- Primeiro encontro. - Momento da exploração. - Momento do trabalho da técnica.	- Temos indícios do estabelecimento da VE no momento da exploração da técnica e a ação reflexiva do professor sobre ela.
2ª) Explicação do fenômeno.	- Consensualidade. - Atualização moral. - Atualização biológica.	- Momento do bloco tecnológico-teórico. - Momento da institucionalização.	- Temos indícios do estabelecimento da VE no momento da institucionalização e formalização do bloco tecnológico-teórico.

³⁹ Regra II.

3 ^a) Sistematização do fenômeno.	<ul style="list-style-type: none"> - Atualização moral. - Atualização biológica. - Terapêutica⁴⁰. 	<ul style="list-style-type: none"> - Momento da institucionalização. - Momento da avaliação. - Constituição da organização praxeológica completa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Temos indícios do estabelecimento da VE na busca pela constituição da OP completa [T, τ, θ, Θ].
--	---	--	---

Tabela 3 - Quadro resumo das análises.

A seguir, apresentamos as considerações finais. Nela, trazemos alguns aspectos complementares que foram identificados na análise dos dados e que permitiram estabelecer algumas conclusões em relação às perguntas iniciais levantadas no escopo da tese.

⁴⁰ Esse aspecto exigiria um tempo maior para ser constatado, porém fica evidente na prática docente desse professor uma busca por esse aspecto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apontamos na introdução da tese, a sua construção se deu em função de dois eventos. Um deles decorrente dos resultados encontrados no trabalho de mestrado, enquanto o outro esteve relacionado com as inquietações que se manifestaram durante os cursos de formação continuada que foram ministrados aos professores da Rede Pública de Ensino na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

Esses eventos permitiram o estabelecimento de discussões em relação aos aspectos da inovação curricular e da formação docente na Educação Básica, aspectos esses que já vinham sendo apontados nos documentos oficiais e em pesquisas realizadas na área de educação.

Ao longo da tese, destacamos ainda a importância desses eventos ao pesquisador, tendo em vista que eles permitiram o estabelecimento de um olhar diferenciado sobre alguns aspectos do currículo escolar em vigência, bem como a necessidade de sua reformulação frente às novas demandas do mundo contemporâneo. Diante disso, foi possível identificarmos o que as pesquisas já vinham apontando em termos da reformulação do currículo de ciências por meio da inserção de novos conteúdos, como exemplo, tópicos de Física Moderna e Contemporânea, o que há décadas já vêm sendo apontado por alguns pesquisadores da área e outros que chegaram de forma pontual a implementá-los nas aulas de física do Ensino Médio.

Em decorrência disso, foi possível estabelecer o contato inicial com os aspectos da inovação curricular no contexto da sua inserção no Ensino Médio, identificando as emergentes questões sobre a formação, muitas vezes deficitária, dos professores da Educação Básica. Segundo as pesquisas, isso pode comprometer o êxito da implementação de mudanças e, por consequência, o projeto formativo estabelecido pelo professor.

Foi possível também fazer um levantamento de alguns aspectos da formação inicial e continuada de professores na Educação Básica e, mais especificamente, no contexto do ensino de física. Tais estudos têm apontado para as condições desfavoráveis em que são formados os professores, privilegiando-se, muitas vezes, um modelo de formação centrado quase que exclusivamente no emprego de uma racionalidade técnica.

Com isso, ficam cada vez mais evidentes as lacunas que são deixadas ao longo do processo de formação docente. Um processo deficitário que pode, ao longo do tempo, inviabilizar ações que permitam colocar em prática as mudanças tão esperadas no contexto atual da sala de aula, principalmente aquelas que se encontram amparadas na inserção de novos conteúdos, metodologias e práticas, pois o professor, muitas vezes, encontra-se despreparado para promover tais mudanças. Essa mesma atenção dedicada à figura do docente também possibilitou reacender uma discussão sobre o papel do professor e sua real importância frente ao processo de ensino e aprendizagem ao qual está inserido, bem como os riscos por ele assumidos no momento em que propõe levar para as aulas do Ensino Médio aspectos da inovação curricular, seja ela relacionada aos conteúdos da Física Clássica, seja da Física Moderna e Contemporânea, ou, ainda, que visem ao uso de novas práticas e/ou metodologias.

Quanto à formação docente, ainda foram trazidos para a discussão alguns elementos relacionados à autonomia, autoria e reflexão sobre a prática docente, aspectos esses que podem permitir ao professor o estabelecimento de um nível de conscientização e crítica que promovam, entre outras coisas, uma possível emancipação diante do processo de ensino-aprendizagem sobre o qual ele tem enorme influência, podendo, por exemplo, adequá-lo e adaptá-lo de forma a atender seu projeto formativo.

Como forma de reverter esse quadro insatisfatório e preocupante na formação de professores na educação brasileira, as pesquisas que citamos na tese têm apontado como uma possível solução para enfrentamento desse problema o emprego de um modelo de formação híbrido, no qual os aspectos teóricos e práticos possam ser trabalhados em equilíbrio e centrados em um processo formativo que contribua para que o professor possa modificar a escola, tornando-a aberta ao enfrentamento das cobranças que cada vez mais recaem sobre ela. Essas cobranças nascem em diversas instâncias, influenciam e são influenciadas, tais como aquelas oriundas dos próprios estudantes, pais, professores, sistemas de ensino, processos seletivos e a sociedade como um todo.

Quanto à proposta da inovação curricular trazer para a sala de aula tópicos de FMC, um dos principais obstáculos está relacionado à transposição desses saberes para o ambiente escolar e como eles seriam adaptados para uma linguagem acessível aos estudantes, sem que ficassem descaracterizados em relação aos saberes que lhes deram origem.

Foi diante dessa necessidade de verificação da maneira como os saberes são didatizados no ambiente escolar e a maneira como eles se organizam de forma a criar uma estrutura ensinável e assimilável por parte dos estudantes, que tomamos como referencial teórico na tese a Teoria da Transposição Didática e a Teoria Antropológica do Didático (Chevallard, 1991 e 1999). Tais teorias foram de fundamental importância na identificação dos aspectos investigados na pesquisa, permitindo evidenciá-los no processo de didatização que foi conduzido pelo professor aplicador da sequência didática analisada. Nosso principal foco foram os aspectos da didatização dos saberes presentes na TTD sob o olhar das regras da transposição didática, além dos aspectos da nova organização praxeológica proposta pelo professor no momento em que leva a inovação curricular para a sala de aula.

Os resultados encontrados nas análises evidenciaram mais uma vez a importância do professor frente a esse processo e, ao mesmo tempo, mostraram a necessidade desse professor se manter em uma formação contínua, ou seja, uma formação que propicie a ele não somente atividades práticas e lúdicas que possam ser implementadas na sala de aula, mas também aspectos teóricos relacionados a novos conteúdos, metodologias, por exemplo, que permitam o estabelecimento de um olhar para a própria prática docente e esse ambiente como um local também de pesquisa para o próprio professor, algo nem sempre reconhecido pela maioria dos professores da Educação Básica.

Os resultados também nos permitem afirmar que encontramos nos referenciais teóricos empregados na tese a existência de teorias que podem, ao longo do tempo, fornecer uma melhor compreensão do complexo processo que se estabelece em sala de aula, permitindo, por exemplo, a análise de sequências didáticas em termos de exequibilidade, operacionalidade, programabilidade e textualidade, conforme propõe a TTD. Pode-se, ainda, lançar um olhar sobre a prática do professor que irá transpor tais sequências para o ambiente escolar, sendo ou não em contextos de inovação curricular, aspectos referentes às suas crenças, ideais e concepção da ciência, entre outros, que podem influenciar o percurso da didatização no interior do ambiente educacional, podendo, dessa forma, comprometer o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes.

Assim, consideramos de fundamental importância que o professor possua em sua formação inicial ou adquira durante uma formação continuada, instrumentos teóricos que o ajudem a realizar o processo de transposição de teorias contemporâneas para as

aulas de física, o que pode permitir que o processo de aprendizagem torne-se significativo e, dessa forma, o professor atinja os objetivos traçados em seu projeto de ensino. Além disso, acreditamos que através dos resultados obtidos temos um cenário promissor para que outras propostas inovadoras sejam elaboradas e possam ser analisadas por meio da TTD e TAD.

Nesta tese, focalizamos inicialmente nossa atenção na elaboração do curso e, posteriormente, na figura do professor, além da forma como foi feita a seleção dos conteúdos, os critérios utilizados até a sua implementação em sala de aula. Para isso, observou-se a aplicação da transposição didática aos conteúdos, de forma a adaptá-los a uma linguagem acessível conforme a proposta inicial do professor, mantendo-se um olhar quanto aos aspectos da vigilância epistemológica e a forma como ela se manifesta na prática docente.

Foi perceptível ao longo da análise das aulas sobre o fenômeno do efeito fotoelétrico e dos dados por ela produzidos, o quanto é sutil e, ao mesmo tempo, complexa, a identificação dos aspectos da vigilância epistemológica nas aulas analisadas e, portanto, na prática docente do professor aplicador. Isso permite inferirmos que esse aspecto presente na TTD, e que Chevallard (1991) considera fundamental para que os saberes didatizados não se tornem descaracterizados frente aos saberes que lhe deram origem, embora importante, não é de fácil identificação. É razoável presumir que sem instrumentos teóricos como a TTD e a TAD, isso se tornaria ainda mais difícil. Assim, consideramos em nossa análise como sendo indicadores de alguma VE os momentos em que o professor reconhecidamente, ainda que incipiente, tenha exercido uma ação reflexiva no interior do processo de didatização em andamento e no qual está inserido. Dessa forma, foi possível caracterizarmos algumas ênfases no exercício da VE em cada uma das aulas analisadas.

Na primeira aula, na qual é realizada a investigação do fenômeno, foi identificada a presença da VE na análise do momento da exploração da técnica, onde claramente o professor intervém positivamente no processo de forma a conduzir os estudantes para a observação do fenômeno fotoelétrico. Fica evidente que o professor apresenta uma preocupação com o processo de ensino e aprendizagem e a formação do conceito por parte dos estudantes, agindo, quando necessário, para uma reorientação na observação, sem que em nenhum momento forneça diretamente uma resposta. Logo, o professor está adequando a organização praxeológica para que ela possa, ao término de todo o

processo, ser concluída com a identificação de todos os seus elementos do bloco prático e do bloco teórico, assim como propõe a TAD.

Na segunda aula, na qual ocorre a explicação do fenômeno, temos a evidência do exercício da VE no momento da institucionalização e, portanto, consolidação do bloco tecnológico-teórico. Isso ocorre novamente e com bastante sutileza quando o professor procura trazer para a aula dialógica os elementos que se fizeram presentes na investigação do fenômeno do efeito fotoelétrico. Contudo, conforme argumenta o próprio professor, isso é uma tarefa bastante delicada e, sem a devida preparação do professor, pode levar todo o processo a resultados inesperados e, portanto, a não atingir os objetos previstos no projeto formativo. Quanto a esse aspecto, o professor ainda ressalta que é necessária muita preparação e uma noção clara quanto ao que se quer atingir a partir das discussões que são estabelecidas no momento da institucionalização.

Na terceira aula, da sistematização do fenômeno, o professor também apresenta indícios do exercício da VE. Isso ocorre quando ele, finalmente, procura estabelecer aos estudantes a teoria e, portanto, o modelo necessário para que se torne compreensível o fenômeno do efeito fotoelétrico. Nessa etapa, o professor está procurando formalizar a nova organização física que havia proposto na sequência didática. Contudo, não reconhecemos nitidamente a VE quando o professor utiliza os vídeos didáticos, pois consideramos que isso tenha sido apenas um recurso instrucional facilitador para que sua sistematização do fenômeno tivesse uma contextualização e um posicionamento histórico frente ao problema da natureza da luz e o modelo corpuscular dos fótons de luz.

Durante a tese, destacamos a construção da sequência didática do professor sobre a dualidade onda-partícula, além das atividades por ele elaboradas e adaptadas em relação ao curso de formação continuada, o que, a nosso ver, permite identificarmos que o curso de formação continuada em Linhas Espectrais serviu, em parte, como referência. Porém, não única para a elaboração da sequência didática. Sequência esta que teve sua elaboração facilitada, segundo o próprio professor, pelo uso dos mapas conceituais que aprendeu a desenvolver na formação continuada.

Uma das poucas imposições feitas pelo pesquisador ao professor aplicador durante a elaboração da sua sequência didática foi em relação ao número de aulas da sequência, condicionada entre 6 e 10 aulas. Finalmente, por escolha do professor

aplicador, a sequência foi estruturada com 10 aulas, número este adequado para ser implementado nas aulas de física da Rede Estadual, uma vez este número se adequa facilmente ao bimestre escolar que possui 20 aulas. Assim, não comprometemos o andamento de outros conteúdos que também julgamos importantes de serem trabalhados na série em que a sequência foi implementada.

Outro detalhe que também evidenciou a opção pela redução desse número de aulas do curso, foi a necessidade de aplicação da nossa proposta apenas no segundo semestre do ano letivo, uma vez que durante o primeiro foi feita a discussão de conceitos básicos da física clássica, como os presentes na eletricidade e magnetismo. Conceitos estes que serviriam de subsídio para a implementação da FMC, mantendo-se, portanto, a sequência de conteúdos estabelecida no material didático (cadernos de física) da Rede Estadual. Portanto, mesmo com a aplicação da proposta, os estudantes do Ensino Médio acabaram tendo contato com os conceitos da física clássica, ainda que reorganizados para a aplicação do curso de dualidade onda-partícula.

As atividades com um caráter investigativo ou de situações-problema acabaram promovendo o envolvimento dos estudantes nas discussões e participações nas aulas, o que, do ponto de vista dos conceitos, fizeram-se mais compreensíveis apesar de sua complexidade, conduzindo potencialmente para uma aprendizagem mais significativa. Pode-se concluir que foi possível levar a sequência de dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio. Apesar da complexidade do tema, foi possível fazer uma adaptação para que fosse aprendido pelos estudantes. Ao utilizar a abordagem fenomenológica, obtém-se certo sucesso com o conteúdo da FMC, pois quando um fenômeno é trazido para discussão em sala de aula através de uma atividade, o conceito que se quer ensinar parece tornar-se mais significativo para os estudantes.

A partir do trabalho desenvolvido na tese, mostrou-se possível também a superação dos principais obstáculos apontados pela literatura referentes à inserção da FMC e que se manifestaram em nossa proposta, alguns deles relacionados ao ferramental matemático necessário para a análise do fenômeno do efeito fotoelétrico, como exemplo, o cálculo da frequência dos fótons da luz e sua energia, bem como a energia cinética máxima dos elétrons ejetados do material alvo a partir da equação de Einstein do efeito fotoelétrico.

Entendemos também que com essa proposta de criação de uma sequência didática sobre a temática da FMC, possamos ultrapassar um dos obstáculos encontrados e que está relacionado com a questão do material didático apropriado para os estudantes e para os professores. Foi possível superá-lo com a confecção de um material adequado tanto para o estudante quanto para o professor, de tal maneira que fugisse dos modelos dos livros didáticos tradicionais. Isso colocou também o professor na situação de autoria, além do exercício de uma ação reflexiva sobre os propósitos em se elaborar tal material.

Na sequência didática elaborada pelo professor, a dualidade esteve presente na discussão do fenômeno do efeito fotoelétrico, recebendo grande destaque na estruturação da sequência, na qual dedicou três aulas entre a investigação e a sistematização do fenômeno em si. Logo, o professor procurou estabelecer um encadeamento lógico das ideias e dos conceitos, o que facilitou a sua compreensão por parte dos estudantes, enquanto que o segundo obstáculo foi referente às atividades. Dessa forma, o caráter investigativo das atividades permitiu que os estudantes as executassem de maneira dinâmica e interativa, além de momentos de reelaboração das ideias e teste de hipóteses, o que os coloca em uma situação de coautoria frente à construção do conhecimento. Por isso, houve a necessidade de buscar atividades práticas que pudessem dar esse caráter dinâmico ao curso, o que concluímos que foi alcançado pelos resultados obtidos. As atividades tiveram também um papel relevante na discussão dos conceitos durante as aulas, pois as analogias que foram criadas puderam esclarecer mais os conceitos, auxiliando no aprendizado dos estudantes, o que indica que foi possível exercitar uma criatividade didática, no sentido atribuído por Chevallard (1991).

Outro aspecto importante da pesquisa foi o uso da TTD e da TAD. Avaliamos que através desses referenciais seja possível futuramente realçar as nuances da proposta, analisando toda a adaptação feita durante a elaboração e aplicação do curso, destacando a importância desses referenciais na formação do professor. Entendemos ainda que isso pode contribuir para que sua prática docente seja cada vez mais investigada em situações de inovação curricular e a sala de aula seja reconhecida como um local de pesquisa e formação contínua. Além disso, estimamos que essas teorias possam se tornar um referencial didático para análise de novas propostas de ensino. Isso porque os

instrumentos que elas oferecem permitem apontar para as transformações ocorridas nos saberes até que eles se tornem um “saber de sala de aula”.

Diante das observações realizadas, reiteramos nosso olhar sobre a prática docente do professor, onde foi encontrado ao longo das aulas sobre o efeito fotoelétrico o exercício da vigilância epistemológica. Todavia, também entendemos que, tanto praticar, quanto reconhecer a VE, não é trivial. Além disso, existem lacunas na formação inicial desse professor que não podem ser preenchidas a partir de um único curso de formação continuada. Contudo, reconhecemos que seria importante durante os cursos de formação, tanto inicial quanto continuada, identificar tais lacunas e tratá-las adequadamente, afinal, a formação docente é um processo contínuo. Além disso, o mero emprego de uma racionalidade técnica, sem a devida valorização da prática docente como objeto de reflexão, e carente de elementos teóricos, teria que ser superada, pois parecem insuficientes para atender às demandas de mudanças na escola.

Desse modo, medidas quanto à melhoria dessas formações e sua devida adequação frente ao cenário da escola atual, devem ser consideradas não somente pelos gestores que administram as políticas educacionais, mas também pelas próprias instituições formadoras, partindo-se em direção a um movimento que contribua para uma discussão acerca da reformulação necessária nos cursos de formação de professores atualmente oferecidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIB, Maria Lúcia V.S. **A construção de conhecimentos sobre ensino na formação inicial de professores de Física: “...agora, nós já temos as perguntas”**. Tese de doutorado. Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, 1996.

AGUIAR, Márcia. **O Percurso da Didatização do Pensamento Algébrico no Ensino Fundamental: uma análise a partir da Transposição Didática e da Teoria Antropológica do Didático**. Tese de doutorado em Ensino de Ciências e Matemática. Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, 2014.

ALMEIDA, Geraldo Peçanha de. **Transposição Didática: por onde começar**. São Paulo: Cortez, 2007.

ALMOULOUD, Saddo Ag. **Fundamentos da didática da matemática**. Curitiba: Editora UFPR, 2010.

ALVES, Milton Thiago S. **Contextualização no Ensino de Física à luz da Teoria Antropológica do Didático: o caso da robótica educacional**. Tese de doutorado em Educação. Universidade de São Paulo, 2014.

ALVES-FILHO, José Pinho. **Atividades Experimentais: Do Método à Prática Construtivista**. Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis, 2000.

ANDERSON, R.D.; MITCHENER, C.P. Research on science teacher education. In: **Handbook of Research on Science Teaching Education**, Nova York: Macmillan, 1994.

ANDRÉ, M. E. D. A. **Estudo de caso em pesquisa e avaliação educacional**. Brasília: Líber Livro, Série Pesquisa, 2005.

_____. **O papel da pesquisa na formação em prática dos professores**. São Paulo: Papirus Editora, 2001.

_____. **Etnografia da prática escolar**. 2. ed. São Paulo: Papirus Editora, 1998.

ANHORN, Carmem Tereza Gabriel. **Um objeto de ensino chamado história: a disciplina de história nas tramas da didatização**. Tese de doutorado. Departamento de Educação. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2003.

APPLE, M. W. **Teachers and texts: A political economy of class and gender relations in education**. New York: Rutledge, 1986.

ARAUJO, Abraão J. **O Ensino de Álgebra no Brasil e na França: Estudo sobre o ensino de equações do 1º grau à luz da Teoria Antropológica do Didático**. Tese de doutorado em Educação. Universidade Federal de Pernambuco, 2009.

ASTOLFI, J. P. et al.. **Mots-clés de la didactique des sciences**. Pratiques Pédagogies. Bruxelas: De Boeck & Larcier S. A., 1997.

ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M.. **A Didática das Ciências**. 10. ed. Campinas: Papirus, 2002.

AUGUSTO, Thaís G. S.; CALDEIRA, Ana Maria A. Dificuldades para a implantação de práticas interdisciplinares em escolas estaduais, apontadas por professores da área de ciências da natureza. **Investigações em Ensino de Ciências** - v. 12(1), p.139-154, 2007.

AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune & Stratton, 1963.

BACHELARD, G.. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BACHELARD, G.. **O racionalismo aplicado**. Rio de Janeiro: Editora Zahar, 1977.

BARBÉ, J. et al. Didactic Restrictions on the Teacher's Practice: The case of Limits of Functions in Spanish High Schools. **Educational Studies in Mathematics**. v. 59, n. 1-3, p. 235-268, 2005.

BARBOSA, Edelweis J. T.; LINS, Abigail F. **Teoria Antropológica do Didático: uma análise sobre equação do primeiro grau em livros didáticos**. Anais X Encontro Nacional de Educação Matemática. Salvador, 2010. Disponível em: <http://www.lematec.net/CDS/ENEM10/artigos/CC/T4_CC35.pdf>. Acesso em 28 out 2014.

BOGDAN, R. BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação - Uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.

BORGES, Oto. Formação inicial de professores de Física: formar mais! Formar melhor! **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v. 28, n. 2, p.135-142, abr. 2006.

BOSCH, M.; CHEVALLARD, Y. La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs Objet d'étude et problématique. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. v. 19, n. 1, .77-124, 1999.

BOSCH, M.; CHEVALLARD, Y.; GASCÓN, J. Science of Magic? The use of models and theories in didactics of mathematics. In Bosch, M. **Proceedings of the 4th Conference of the European Research in Mathematics Education**, CERME, Barcelona, 2006.

BOSCH, M. et al. **Un panorama de la TAD / Na overview of ATD**. 1. ed. Barcelona: CRM Centre de Recerca Matemàtica 10, 2011.

BOSCH, M.; FONSECA, C.; GASCÓN, J. Incompletitud de las organizaciones locales em las instituciones escolares. In: **Recherches em Didactique des Mathématiques**, Grenoble, França: la Pensée Sauvage, v. 24, p. 205-250, 2004.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro 1996. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília, 1996.

_____. **PCN Ensino Médio. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (SEMTEC). Brasília: MEC/SEMTEC, 2000.

_____. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (SEMTEC). Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

_____. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. Brasília: MEC/CNE, 2013.

BROCKINGTON, Guilherme. **A Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para alunos do Ensino Médio**. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2005.

BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. Serão as regras da Transposição Didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna?. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10(3), p. 387-404, 2005.

BROUSSEAU, Guy. **Le contrat Didactique: Le Milieu**. In: **Recherches em Didactique des Mathématiques**, v. 9, n. 3, p. 309-336, 1988.

BROUSSEAU, Guy. Fondement et Méthodes de la Didactique des Mathématiques. **Recherches em Didactique des Mathématiques**, v.7, n.2, p.33-115, 1986.

BUNGE, Mario. **Teoria e Realidade**. Trad. Gita K. Guinsburg. São Paulo: Editora Perspectiva, 1974.

BUNGE, Mario. **Física e Filosofia**. Trad. Gita K. Guinsburg. São Paulo: Editora Perspectiva, 2000.

CACHAPUZ, António et al. **A necessária renovação do ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CARVALHO, A. M. P, GIL-PÉREZ, Daniel. **Formação de professores de ciências**. 10. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2014.

CARVALHO, A.M.P; CACHAPUZ, António; GIL-PÉREZ, Daniel. **O ensino das ciências como compromisso científico e cultural**. 2. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2014.

CARVALHO, A. M. P, et al. **Ensino de Ciências por Investigação**. Cengage Learning, São Paulo, 2013.

CARVALHO, A. M. P, et al. **Ensino de Física**. Cengage Learning, São Paulo, 2011.

CARVALHO, A. M. P. Critérios Estruturantes para o Ensino das Ciências. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. Pioneira Thomsom Learning, São Paulo, 2004.

CARVALHO, A. M. P. Profesores y formadores de profesores colaboran en investigaciones sobre la enseñanza de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona: 21 (2), p.191-197, 2003.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCHI, Andréa. O currículo de Física: inovações e tendências nos anos noventa. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 3-19, abr. 1996.

CAVALCANTE, Marisa A.; TAVOLARO, Cristiane R. C. Uma oficina de Física Moderna que vise a sua inserção no Ensino Médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 298-316, dez. 2001.

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**. Rio de Janeiro, n. 22, p. 89-100, abr. 2003.

CHEVALLARD, Y.; JOSHUA, M. A. Un exemple de la transposition didactique: la notion de distance. **Recherches em Didactique des Mathématique**. Grenoble: La Pensée Sauvage, v. 3.1, p. 159-239, 1982.

CHEVALLARD, Y. **Le concept de rapport au savoir. Rapport personel, rapport institutionnel, rapport officiel**. Grenoble: IREM d' Aix-Marseille, 1989.

_____. **La Transposicion Didactica: del saber sabio al saber enseñado**. 1. ed. Argentina: La Pensée Sauvage, 1991.

_____. Concepts fondamentaux de la didactique: perspectives apportées par une approche anthropologique. **Recherches em Didactique des Mathématique**. Grenoble: La Pensée Sauvage, v. 12.1, p. 73-112, 1992.

_____. L' analyse des pratiques enseignantes en théorie antropologique du didactique. **Recherches en Didactique des Mathématiques**. Grenoble: La Pensée Sauvage, v. 19.2, p. 221-265, 1999.

_____. **Approche Anthropologique du Rapport au Savoir et Didactique des Mathématiques**. Junho 2002. Disponível em: <www.yves.chevallard.free.fr/spip/spip/>. Acesso em 05 maio 2013.

CHEVALLARD, Y.; BOSCH, M.; GASCÓN, J. **Estudar matemáticas: o elo perdido entre o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

CHIQUELTO, Marcos José. O Currículo de Física do Ensino Médio no Brasil: Discussão retrospectiva. São Paulo: **Revista E-Curriculum**, 2011. Disponível em: <<http://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum/article/view/5646>>. Acesso em 05 maio 2013.

CIRLUZO, Áurea B. **Parceria Universidade-Escola: da retórica à realidade. Uma escuta na sua conversa**. Dissertação de mestrado. Curso de Pós-graduação em Ensino de Ciências. Universidade de São Paulo, 2002.

COLOMBO DE CUDMANI, Leonor e SALINAS DE SANDOVAL, Julia. ¿Es importante la epistemologia de las ciencias em formación de investigadores y profesores em Física? **Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona: 22 (3), p. 455-462, 2004.

CONTRERAS, J. **Autonomia de professores**. São Paulo: Editora Cortez, 2002.

CRESWELL, John W. **Projeto de pesquisa: Métodos quatitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CRESWELL, John W. **Investigação Qualitativa e Projeto de Pesquisa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

CRONIN-JONES, L.L. Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two case studies. **Journal of Research in Science Teaching**. 38(3), p. 235-250. 1991.

CRUZ, E. S. **A noção de variável em livros didáticos de Ensino Fundamental: um estudo sob a ótica da organização praxeológica**. Dissertação de mestrado em Educação Matemática. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2005.

DAVIS, K. “Change is Hard”: What science teachers are telling us about reform and teacher learning of innovative practices. **Science Education**, 87(1), p. 3-30, 2003.

DELIZOICOV, D. et al.. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Editora Cortez, 2002.

DEMO, Pedro. **Aprender como autor**. São Paulo: Atlas, 2015.

_____. **Praticar ciência: metodologias do conhecimento científico**. São Paulo: Saraiva, 2011.

_____. **Introdução à Sociologia: Complexidade, Interdisciplinaridade e Desigualdade Social**. São Paulo: Atlas, 2002.

_____. **Complexidade e aprendizagem: a dinâmica não linear do conhecimento**. São Paulo: Atlas, 2002.

_____. **Pesquisa e construção do conhecimento: metodologia científica no caminho de Habermas**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2000.

_____. **Educar pela pesquisa**. Campinas: Editora Autores Associados, 1996.

_____. **Pesquisa: princípio científico e educativo**. São Paulo: Cortez, 1990.

DENZIN, N. K. Triangulation in educational research. In Keeves, J.P. (Ed). **Educational research, methodology, and measurement. An international handbook**. Oxford: Pergamon Press. p. 318-322, 1998.

ERICKSON, F. Metodos cualitativos de investigacion sobre La enseñanza. In: WITTROCK, Merlin C. **La Investigación de La enseñanza**. Barcelona: Paidós, p. 195-301, 1989.

ERICKSON, F. “Qualitative Research Methods for Science Education”, in: Fraser, B.J. e Tobin, K.G. (orgs.), **International Handbook of Science Education**, Part One, Kluwer Academic Publishers, 1998.

ESTEBARANZ, A. **A Didáctica e innovación curricular**. Sevilla: Publicações da Universidade de Sevilla, 1994.

FAGUNDES, M. Beatriz. **Ensinando a dualidade onda-partícula sob uma nova óptica**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, 1997.

FARIAS, Luiz M. S.; MAIA, Sulamita M. S.; NEVES, Karolina S. **Análises Didáticas à Luz da Teoria Antropológica do Didático**. Anais do X Colóquio do Museu Pedagógico, v. 10, n. 1, p. 39-56, 2013. Disponível em: <<http://periodicos.uesb.br/index.php/cmp/article/view/2996/2705>>. Acesso em 13 fev 2014.

FELDMANN, M. G. **Formação de professores e escola na contemporaneidade**. São Paulo: Editora Senac, 2009.

FERREIRA, D. B., VILLANI, A. Uma reflexão sobre a prática e ações na formação de professores para o ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação de Ciências**, 2(2), p. 63-76, 2002.

FLICK, Uwe. **Introdução à Pesquisa Qualitativa**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FREIRE, Paulo. **A Pedagogia do Oprimido**. São Paulo: Editora Novas Vozes, 1969.

FREITAS, Denise de, VILLANI, Alberto. Formação de professores de Ciências: Um desafio sem limites. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: v. 7, n. 3, p. 215-230, dez. 2002.

FIORENTINI, D.; SOUZA e MELO, G.F. **Saberes docentes: um desafio para acadêmicos e práticos**. In: GERALDI, C.; FIORENTINI, D.; PEREIRA, E. M.^a (orgs.) *Cartografias do trabalho docente*. Campinas: Mercado das Letras, ALB, 1998.

FOUREZ, Gérard. **A Construção das Ciências**. São Paulo: Editora Unesp, 1995.

FOUREZ, Gérard. Crise no Ensino de Ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre - Instituto de Física da UFRGS, v. 8, n. 2, ago. 2003.

GABRIEL, C. T. Usos e Abusos do Conceito da Transposição Didática. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: v. 9, n. 3, p. 110-123, dez. 2005.

GASCÓN, Josep. El problema de La Educación Matemática y lo doble rupture de lá didáctica de lãs Matemáticas. **Acta Latinoamericana de Matemática Educativa**. v. 16, p. 11-25, 2003.

GERALDI, W. A aula como acontecimento. **Anais da Semana da Prática Pedagógica**, Universidade de Aveiro, Portugal, CIFOP, 2003.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2012.

GIL, Antônio Carlos. **Estudo de Caso**. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F. ; CARRASCOSA, J. A.; CACHUPUZ, A.; PRAIA, J. **Para uma imagem não deformada do trabalho científico**. Ciência e Educação, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, dez. 2001.

GIL-PÉREZ, Daniel. Que hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? **Enseñanza de las ciencias**. Barcelona: v. 9, n. 1, p. 69-77, 1991.

GIL-PÉREZ, D.; SENENT, F.; SOLBES, J.. La introducción a la Física Moderna: um ejemplo paradigmático de cambio conceptual. **Enseñanza de las ciencias**. Barcelona: p.209-210, n. Extra, set. 1987.

GIMENO-SACRISTÁN, J. Escolarização e cultura: a dupla determinação. In: SILVA, L. H. da; AZEVEDO, J. C. de; SANTOS, E. de (Orgs.). **Novos mapas culturais, novas perspectivas educacionais**. Porto Alegre: Sulina, 1996.

GONÇALVES, R. **Ciência. Pós-Ciência. Meta-Ciência. Tradição, Inovação e Renovação**. Lisboa: Discórdia Editores, 1991.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos ao ensino da mecânica introdutória. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p.29-56, 2001.

HARGREAVES, A. **Os professores em tempo de mudança**. Alfragide, Portugal: McGraw-Hill, 1998.

HENRIQUES, Afonso; NAGAMINE, André; NAGAMINE, Camila. Reflexões sobre Análise Institucional: o caso do ensino e aprendizagem de integrais múltiplas. **Bolema: Boletim em Educação Matemática**, v. 26, n. 44, p. 1261-1288, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bolema/v26n44/08.pdf>>. Acesso em 24 jan 2013.

IZQUIERDO, M. Fundamentos Epistemológicos. Em Perales, J. e Cañal, P. (Eds.). **Didactica de Las Ciencias Experimentales**, p. 35-64. Alcoy: Editora Marfil, 2000.

LAWALL, I. T.; ZANELLA, A.; BAUMER, A. L. Professores do ensino secundário na fase da experimentação e diversificação em cursos de formação continuada sobre inovação curricular de Física Moderna. **Enseñanza de las Ciencias**, v. Único, p. 1866-1869, 2013.

LAWALL, I. T.; et al. **Dificuldades de Professores de Física em Situação de Inovações Curriculares e em Curso de Formação**. In: XII EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Águas de Lindóia, 2010.

LAWALL, I. T.; Siqueira, M.; PIETROCOLA, M.; Ricardo, E. Desenvolvimento Profissional durante a implementação de inovações curriculares por professores do ensino secundário. **Enseñanza de las Ciencias**, v. Extra, p. 2569-2579, 2009.

LEITE, S. L. **Recontextualização e Transposição Didática - Introdução à leitura de Brasil Bernstein e Ives Chevallard**. São Paulo: Junqueira & Marin, 2007.

LEMKE, Jay L. Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. **Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona: 24(1), p. 5-12, 2006.

LUDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.

KALMUS, P. I. Particle physics at A-level-the universities viewpoint. **Physics Educations**. Bristol: v. 27, n. 2, p. 62-64, mar. 1992.

KARAM, Ricardo A. S. **Relatividade Restrita no Início do Ensino Médio: Elaboração e Análise de uma Proposta**. Dissertação de Mestrado em Educação. Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

KURNAZ, M. A.; ARSLAN, A. S. Praxeological analysis of the teaching conditions of the energy concept. **Cypriot Journal of Educational Sciences**, v. 5, n. 4,

p.233-242, 2010. Disponível em: <http://www.world-education-center.org/index.php/cjes/article/view/84/pdf_18>. Acesso em 09 set 2011.

MACHADO, Vera de Mattos. **Prática de Estudo de Ciências: formação inicial docente na unidade pedagógica sobre a digestão humana**. Tese de doutorado em Educação. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2011.

MACHADO, Vitor F.; SASSERON, Lúcia H. As perguntas em aulas investigativas de Ciências: a construção teórica de categorias. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ciências**, v. 12, n. 2, 2012.

MAIA, Cristini K. **Organização Praxeológica do objeto triângulo nos livros didáticos da 7ª série do Ensino Fundamental**. Dissertação de mestrado em Educação Científica e Tecnológica. Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

MANZINI, E.J. **Considerações sobre a elaboração de roteiro para entrevista semi-estruturada**. In: MARQUEZINE: M. C.; ALMEIDA, M. A.; OMOTE; S. (Orgs.) Colóquios sobre pesquisa em Educação Especial. Londrina: Eduep, p. 11-25, 2003.

MARCONI, M. A. M., LAKATOS, E. M.. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: ATLAS, 2007.

MARTINS, Gilberto de Andrade. **Estudo de Caso: uma estratégia de pesquisa**. São Paulo: ATLAS, 2006.

MATHERON, Y. Analyser les praxéologies quelques exemples d'organisations mathématiques. **Petit x**, Grenoble, n. 54, p. 51-78, 2000.

MENEZES, Marcus B.; SANTOS, Marcelo C. **O saber escolar na perspectiva da Teoria Antropológica do Didático**. Anais do Simpósio Internacional de Pesquisa em Educação Matemática, 2008. Disponível em: < <http://www.ded.ufrpe.br/sipemat/CD-ROM%20%20SIPEMAT/artigos/PO-52.pdf>>. Acesso em 12 mar. 2014.

MERRIAM, Sharan B. **Case study research in education. A qualitative approach**. San Francisco (CA): Jossey-Bass, 1988.

MERRIAM, Sharan B. **Qualitative research and case study applications in education**. San Francisco (CA): Jossey-Bass, 1998.

MIGUEL, M. I. **Ensino e Aprendizagem do Modelo de Poisson: Uma Experiência Com Modelagem**. Tese de doutorado em Educação Matemática. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2005.

MIRANDA, M. de G. O professor pesquisador e sua pretensão de resolver a relação entre teoria e a prática na formação de professores. In: ANDRÉ, M. (Org). **O papel da pesquisa na formação e na prática dos professores**. Campinas: Papirus, 2001.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro, 2010.

MOREIRA, A. M., VALLADARES, E. C.. Ensinando física moderna no 2º grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.15, n. 2, p. 121-135, ago.1998.

NARDI, R. et al. **Ensino de ciências e matemática, I: temas sobre a formação de professores** [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

NETA, Natércia de A. L.; SILVA, Érica Acioli. Frações: Um estudo à luz da Teoria Antropológica do Didático. **Revista eletrônica de Educação de Alagoas**, v. 2, n. 1, maio 2014. Disponível em: <http://www.educacao.al.gov.br/reduc/3a-edicao/FRACOES_UM_ESTUDO_A_LUZ_DA_TEORIA_ANTROPOLOGICA_DO_DIDATICO.pdf>. Acesso em 17 maio 2014.

NICOLAU, J. L.; BROCKINGTON, G.; SASSERON, L. H. Formação contínua de professores para abordagem de tópicos de Relatividade no Ensino Médio: saberes docentes dos implementadores. **Revista eletrônica de Experiências em Ensino de Ciências**, v. 6, n. 2, ago. 2011. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID149/v6_n2_a2011.pdf>. Acesso em 13 jul. 2013.

NICOLAU, J. L. **Estrutura didática baseada em fluxo: relatividade restrita para o ensino médio**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, 2014.

NOGUEIRA, Rosane C. S. **A Álgebra nos Livros Didáticos do Ensino Fundamental: Uma Análise Praxeológica**. Dissertação de Mestrado em Educação. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2008.

NÓVOA, António. Os professores: em busca de uma autonomia perdida?. **In Ciências da Educação em Portugal - Situação atual e perspectivas**. Porto: SPCE, p. 521-531, 1991.

_____. Concepções e práticas de formação contínua de professores. **In Formação Contínua de Professores - Realidades e Perspectivas**. Aveiro: Universidade de Aveiro, p. 15-38, 1991.

_____. **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1995.

NUNES, C. S. C. **Os Sentidos da Formação Contínua. O mundo do trabalho e a formação de professores no Brasil**. Tese de Doutorado, FE/UNICAMP. Campinas, 2000.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. 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.

PACCA, Jesuína L.A. Um projeto para a formação de professores focalizando o profissional. **Revista de Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona: 21(2), 2008.

PACCA, Jesuína L.A. **Pesquisa em ensino e formação de professores de Física**. Atas do XII Simpósio Nacional de Ensino de Física. Belo Horizonte, p. 100-107, 2007.

PACHECO, J.A. **Currículo: teoria e práxis**. Porto: Porto Editora, 1996.

PAIS, Luiz Carlos. **Didática da Matemática - Uma análise da influência francesa**. São Paulo: Editora Autêntica, 2010.

PESSOA Jr., Osvaldo. **Conceitos de Física Quântica - Volume I**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2003.

PESSOA Jr., Osvaldo. **Conceitos de Física Quântica - Volume II**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

PIETROCOLA, Maurício. **Inovação Curricular e Gerenciamento de Riscos Didático-Pedagógicos: o ensino de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea na escola média**. Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, 2010. Disponível

em:<http://www.nupic.fe.usp.br/Publicacoes/teses/Inovacao%20Curricular%20e%20Gerenciamento%20de%20Riscos%20Didaticopedagogicos_%20Texto%20erudicao_%20Pietrocola.pdf>. Acesso em 8 abr. 2013.

PIETROCOLA, Maurício; SOUSA, W. B.; UETA, Nobuko. **Investigando e Explicando os raios X - Atividades investigativas sobre os raios X com alunos do Ensino Médio**. In: XVII SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007, São Luís. Anais do XVII SNEF, 2007.

PIETROCOLA, Maurício. **Modern Physics In Brazilian Secondary Schools**. In: International Conference on Physics Education, 2005, Nova Delhi: ICPE, 2005.

PIETROCOLA, Maurício. Linguagem e estruturação do pensamento na ciência e no ensino de ciência. In: PIETROCOLA, Maurício; FREIRE, Olival (org.). **Filosofia, Ciência e História: Michel Paty e o Brasil, uma homenagem aos 40 anos de colaboração**. São Paulo: Discurso Editorial, 2005.

PIETROCOLA, Maurício; SIQUEIRA, Maxwell. **Revisando materiais em Ensino Médio sobre o tema Física de Partículas Elementares**. In: V ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino em Ciências, 2005, Bauru. Anais do V ENPEC, 2005.

PIETROCOLA, Maurício. A Matemática como Estruturante do Conhecimento Físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 1, p. 93-114, abr. 2002.

PIMENTA, Sema G; GHEDIN, Evandro (Orgs.). **Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito**. São Paulo: Editora Cortez, 2002.

PINHEIRO, Terezinha de F.; PIETROCOLA, Maurício; ALVES FILHO, José de P. Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador da Matemática no conhecimento científico. In: PIETROCOLA, Maurício (org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.

PIMENTA, S.G.; GHEDIN, E. **Professor Reflexivo no Brasil - gênese e crítica de um conceito**. São Paulo: Cortez Editora, 2010.

PINTÒ, R. Introducing Curriculum Innovations in Science: identifying Teachers Transformations and the Design of Related Teacher Education. **In. Science Education**, v. 89, p. 1-12, 2005.

PINTÒ, R.; COUSO, D.; GUTIERREZ, R.. Using Research on Teachers' Transformations of Innovations to Inform Teacher Education. The Case of Energy Degradation. **In. Science Education**, v. 89, n. 1, p. 38-55, 2005.

PINTO, A.C., ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 7-34, 1999.

POPPER, K. R.. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: Cultrix, 1974.

PORLÁN, R.. **Investigar la práctica**. Cuaderno de Pedagogía, n. 276, p. 48-49, 1999.

PORLÁN, R.; RIVERO GARCÍA, A. e POZO, R. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: estudios empíricos y conclusiones. **Enseñanza de las Ciencias**. Barcelona: 16 (2), p. 271-288, 1998.

POTENZA, Bruna. **Formação Inicial de Professores e a Física Moderna: articulações para um desempenho autônomo**. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências. Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, 2011.

RAMALHO et al. **Os Fundamentos da Física - Eletricidade e Física Moderna**. 1. ed. São Paulo: Editora Moderna, 1976.

REZENDE JUNIOR, M. F. **O processo de conceitualização em situações diferenciadas na formação inicial de professores de física**. Tese de doutorado, PPGECT/UFSC, 2006.

RICARDO, E. C. **Elementos Físicos e Matemáticos da Mecânica Analítica, a Relação entre as Duas Ciências e a Vigilância Epistemológica**. Tese de Livre Docência. Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, 2012.

RICARDO, E. C.; CUSTÓDIO, J. F.; REZENDE JUNIOR, M. F. **O Ensino da Tecnologia nas Ciências do Nível Médio: Concepções dos professores e perspectivas teóricas**. In: X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2006, Londrina. Atas do X EPEF, 2006.

ROCHA, Diego M. **Crenças de Autoeficácia e Práticas Docentes: uma análise de professores de física em um contexto de inovação**. Dissertação de mestrado (Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo, 2011.

RODRIGUES, M. I. R.; ABIB, Maria Lúcia V. S. Desenvolvimento profissional dos formadores de professores de ciências no contexto da inovação: subsídios teóricos e

metodológicos para análise de um programa. **Investigações em Ensino de Ciências** - v. 15(1), p. 201-218, 2010.

RODRIGUES, M. I. R.; CARVALHO, A. M. P. Professores-pesquisadores: reflexão e mudança metodológica no ensino de física - o contexto da avaliação. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 1, p. 39-53, 2002.

RODRIGUES, M. I. R. **Professores-pesquisadores: reflexão e a mudança metodológica no ensino da Termodinâmica**. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2001.

RODRIGUES, M. I. R.; CARVALHO, A.M.P. **Mudança nas concepções de ensino e aprendizagem de professores de física sob o foco da formação continuada**. In: Atas do VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Florianópolis, 1998.

ROSA, K.; MARTINS, M. C. Approaches and Methologies for a Course on History and Epistemology of Physics: analyzing the experience of a brazilian university. **Science Education**, v.18, p.149-155, 2009.

ROSSINI, Renata. **Saberes docentes sobre o tema função: uma investigação sobre as praxeologias**. Tese de doutorado em Educação Matemática. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2006.

SÃO PAULO, Proposta Curricular do Estado de São Paulo, **Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias**. Secretaria de Educação, São Paulo, 2008.

SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula**. Tese de doutorado. IF/FE-USP, São Paulo, 2008.

SAUERWEIN, I. P. S.; DELIZOICOV, D. **Desafios na formação continuada de professores de Física**. In: VIIENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência, Florianópolis, 2009.

SCHÖN, D. A. **Education for the reflective practitioner**. San Francisco: Jossey Bass Publishers, 1987. Trad. Cast. La formación de profesionales reflexivos. Barcelona: Paidós-MEC, 1982.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SHINOMIYA, George K. **Saberes e Práticas Docentes para a Inovação Curricular: uma análise das práticas da sala de aula.** Tese de doutorado. Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, 2013.

SHOWERS, B.; JOYCE, B. & BENNETT, B. Synthesis of Research on Staff Development: A Framework for Future Study and a State-of-Art Analysis. **Educational Leadership.** 45(3), 1987, pp.77-87.

SHULZ, Peter A. B. O que é nanociência e para que serve a nanotecnologia. **Física na Escola**, v.6, n. 1, 2005.

SILVA, Jonia Garcia Gomes da. **Formação continuada : reflexões sobre a construção da prática docente.** Campo Grande: UCDB, 2004.

SILVA, Luis Carlos. **A prática de Ensino de Física no Ensino Médio e o conceito de proporcionalidade: conexão fundamental na construção e (re)construção de conhecimentos.** Dissertação de mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas. Universidade Federal do Pará, 2009.

SIQUEIRA, Maxwell. **Do visível ao invisível: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio.** Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2006.

SIQUEIRA, Maxwell. **Professores de Física no Contexto da Inovação Curricular: Saberes Docentes e a Superação de Obstáculos Didáticos no Ensino de Física Moderna e Contemporânea.** Tese de doutorado. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2012.

SOUSA, W. B. **Física das Radiações: Uma proposta para o Ensino Médio.** Dissertação de mestrado. Dissertação de mestrado em Ensino de Ciências. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-17092012-141621/pt-br.php>>. Acesso em: 30 out. 2014.

STANNARD, R. Modern physics for the young. **Physics Education**, Bristol, v. 25, n. 3, p.133, may. 1990.

STRAUSS, Anselm; CORBIN, Juliet. **Pesquisa Qualitativa - Técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada.** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

STURMAN, A. Case study methods. In Keeves, J.P. (Ed). **Educational research, methodology, and measurement. An international handbook.** Oxford: Pergamon Press. p. 61-66, 1988.

SWINBANK, E. Particle physics: a new course for schools and colleges. **Physics Education**, v. 27, n. 2, p. 87-91, march 1992.

TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional.** 4ªed. Rio de Janeiro: Vozes, 2002.

TARDIF, Maurice; LESSARD, Claude. **O trabalho docente: elementos para uma teoria da docência como profissão de interações humanas.** 6. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2011.

TEIXEIRA, A.; KRAPAS, S. Reflexões sobre a Transposição Didática da Lei de Coulomb. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, 2005. Número Extra. VII CONGRESO.

TERRAZZAN, Eduardo A. **Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média.** Tese de doutorado em Educação, Universidade de São Paulo, 1994.

TIPLER, Paul; LLEWELLYN, Ralph A. **Física Moderna.** 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

TOBIN, K. e ESPINET, M. Impediments to change: applications of coaching in high school science teaching. **Journal of Research in Science Teaching.** 26(2), p.105-120, 1989.

TOTI, F. A.; PIERSON, A. H. C. Compreensões sobre o processo de formação para a docência: Concepções de bacharéis e licenciandos sobre a Licenciatura em Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. 3, p.10747-1107, dez. 2012.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais.** 1. ed. São Paulo: Atlas, 1987.

VITIRITTI, Ana B. Godoy. **Estudo de caso: um olhar sobre as expectativas dos participantes de cursos de formação continuada.** Dissertação de Mestrado em Educação. Universidade de São Paulo, 2006.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

ZANARDI, D. C. **A análise praxeológica de atividades experimentais subsidiando a elaboração de situações-problema no ensino de física**. Dissertação de mestrado em Ensino de Física. Universidade de São Paulo, 2013.

ZEICHNER, K.M. **A Formação Reflexiva de Professores: ideias e práticas**. Lisboa: Educa, 1993.

ANEXOS

Anexo 1

**A FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO E A
FORMAÇÃO DE MULTIPLICADORES DENTRE
PROFESSORES DA REDE PÚBLICA**

**PROPOSTA DE CURSOS DE FORMAÇÃO CONTINUADA PARA
PROFESSORES DO ENSINO MÉDIO**

Tema 1: Relatividade;

Tema 2: Linhas espectrais;

Tema 3: Partículas elementares.

I - A DENOMINAÇÃO DO CURSO:

A FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO E A FORMAÇÃO DE MULTIPLICADORES DENTRE PROFESSORES DA REDE PÚBLICA.

II - A INSTITUIÇÃO PROPONENTE E EXECUTORA

Universidade de São Paulo - USP

Faculdade de Educação - FEUSP

Departamento Metodologia do Ensino e Educação Comparada - EDM

Núcleo de Pesquisas em Inovações Curriculares - NuPIC

Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física - LaPEF

III - DIAGNÓSTICO E JUSTIFICATIVA COM INDICAÇÃO DAS NECESSIDADES E PRIORIDADES

A Ciência exerce hoje mais do que nunca, uma influência cada vez maior no cotidiano das pessoas. A compreensão de seus conteúdos, sobretudo daqueles modernos e contemporâneos, é necessária para o entendimento do mundo moderno e as intervenções na sociedade atual. Os cidadãos vivem inseridos em uma sociedade cada vez mais tecnológica, fruto de uma industrialização que tomou proporções inimagináveis a partir do século XX, alavancada por “revolucionárias” teorias científicas. A “Física Moderna” que surgiu é, então, fundamental para a leitura do mundo que o homem vem construindo.

Teorias como a Relatividade Geral e Mecânica Quântica produziram novos conhecimentos, traçaram inesperados rumos nas pesquisas científicas e deram suporte para a criação de Tecnologias que figuravam, até então, somente em filmes de ficção.

Os artefatos tecnológicos que surgiram mudaram comportamentos, ditaram regras

e geraram expectativas e dúvidas. Assim, há uma grande exposição às constantes inovações tecnológicas, que vão desde o entretenimento aos mais modernos e avançados aparelhos utilizados pela medicina. Em meio a um crescente número de novidades, as pessoas sentem-se cada vez mais atraídas e seduzidas por todas estas “maravilhas” da Ciência e da Tecnologia.

No entanto, poucos são aqueles que conseguem ultrapassar a impressão imediata de surpresa. Em geral, não é possível ao cidadão comum (aquele que não se especializou nas áreas científicas e tecnológicas) entender o que realmente ocorre com produtos, frutos desses novos avanços científicos. Embora vivendo no século XXI, muitos se portam diante dessa nova realidade cotidiana como os nativos diante dos utensílios trazidos pelos europeus conquistadores. Faltam-lhes conhecimentos que os tornem capazes de fazer leituras do mundo tecno-virtual no qual vivem.

Desta forma, a Ciência existe praticamente alheia à sociedade até que os produtos do conhecimento científico se concretizem em forma de procedimentos e de Tecnologias presentes no cotidiano das pessoas; ou seja, a dimensão do conhecimento produzido e as operações internas que regem o fazer científico permanecem em grande parte desconhecidos para a maioria da população.

O avanço tecnológico e o desenvolvimento dos meios de comunicação têm, contudo, motivado o crescente interesse da sociedade pelo conhecimento científico e ocasionado um posicionamento da sociedade em relação à Ciência. Assim, a popularização da Ciência e da Tecnologia recebe cada vez mais uma atenção especial dos governos e dos educadores em geral.

A educação científica deve, então, garantir o desenvolvimento tecnológico da humanidade, mas deve também encontrar aplicações na formação individual de cada cidadão, garantindo a sua inclusão na chamada sociedade do conhecimento. O direito à informação científica é, portanto, imprescindível para o exercício pleno da cidadania, para o estabelecimento de uma sociedade democrática e para o desenvolvimento e independência econômica de uma nação.

Assim, buscando trazer os saberes escolares para mais perto da vida das pessoas, a ampliação da Educação Básica obrigatória para 11 anos (promovida pela Lei de Diretrizes e Base) teve como idéia central garantir aos estudantes o acesso aos conhecimentos mais elaborados para a formação de um cidadão crítico e consciente.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) explicitam a modificação do ambiente gerado pela Ciência e pela Tecnologia modernas e os desafios presentes na construção da cidadania.

“As novas Tecnologias da comunicação e da informação permeiam o cotidiano, independente do espaço físico, e criam necessidades de vida e convivência que precisam ser analisadas no espaço escolar. A televisão, o rádio, a informática,

entre outras, fizeram com que os homens se aproximassem por imagens e sons de mundos antes inimagináveis.”¹

Nos PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, pode se encontrar a seguinte ratificação do que foi acima exposto:

“A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCNEM. Trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade.”²

Porém, como suprir estas necessidades atuais do cidadão com um currículo de Física embasado em conhecimentos dos séculos XVII, XVIII e XIX? Em outras palavras, como garantir uma verdadeira formação para a cidadania no mundo atual se os conhecimentos físicos mais modernos e contemporâneos encontram-se afastados da Educação Básica?

Vale notar que fora das escolas os alunos recebem estímulos de diversos setores da sociedade, que acabam por mantê-los em contato com realizações no campo da Ciência. Filmes, sites na Internet, histórias em quadrinhos, entre outros, aproximam os adolescentes do mundo da Ciência e da Tecnologia sem, no entanto, fornecer princípios e bases conceituais para entendê-lo.

Também é preciso ressaltar a questão do caráter terminal do Ensino Médio. O Ensino Médio é a última oportunidade de contato com a Ciência para a grande maioria dos estudantes. Mesmo entre aqueles que eventualmente seguirão cursos universitários, muitos são os que não abraçarão carreiras das áreas científico-tecnológicas.

Assim, é fundamental que a escola também prepare cidadãos que, além de conhecer as Ciências, fossem capazes de apreciá-las, da mesma forma que os deveria preparar para apreciar as artes, a música e a literatura. Ou seja, o ensino formal deve preparar os alunos para entender e apreciar os mais diversos aspectos da cultura, entre eles a Ciência³, retirando-a do patamar do mero utilitarismo. Um ensino voltado também para a apreciação da Ciência poderia ser então, motivador, divertido, interessante, agradável sem a preocupação exacerbada de transformar o conhecimento em utilidade. Poder-se-ia, assim, trabalhar o aprender pelo prazer de conhecer.

A Física é considerada “a representante da Ciência” por excelência; e a Física Quântica, por sua vez, representa não somente a mais bem sucedida descrição da natureza até hoje elaborada pela Ciência, como também é a base filosófica para muitas

¹ BRASIL, MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais**, 1996

² BRASIL, MEC **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio**, 2002.

³ ZANETIC, J. **Física Também é Cultura**. Tese de Doutorado FEUSP, 1989.

reflexões sobre a Teoria do Conhecimento. A Física Moderna não contribuiu somente para o avanço tecnológico, como também instaurou uma visão de mundo revolucionária influenciando de forma geral nossa civilização.

A necessidade de uma atualização curricular que passe a englobar conhecimentos de Física Moderna e Contemporânea já é ressentida no meio acadêmico há quase duas décadas⁴. Hoje parece consolidada a certeza da necessidade de inserção desses temas nos programas escolares e, pelo que indicam as pesquisas em ensino de Física, parece também haver um consenso quanto à importância de uma mudança curricular⁵. Como o Ensino Médio passa a ser a única forma de escolarização formal em Física, ao não se abordar temas de Física Moderna e Contemporânea priva-se o futuro cidadão de tomar conhecimento desta nova maneira de compreender e prospectar a realidade.

O panorama do ensino de Física Média no Estado de São Paulo já vem apresentando mudanças desde a implementação da nova Proposta Curricular da Educação Básica. Os currículos das ciências e da Física em particular modificaram-se em relação ao ensino anteriormente praticado no Estado. Seguindo as tendências já anunciadas 10 anos antes pelos Parâmetros curriculares Nacionais e pelos PCN+, a nova proposta de Física do Estado avança na direção de uma formação para a cidadania em conformidade com os desafios da sociedade atual. Essa perspectiva privilegia os conteúdos modernos e contemporâneos e aqueles que alicerçam a base da tecnologia atual. Desse documento extraímos a seguinte afirmação:

“Mesmo levando em conta certa tradição, é preciso transpor as fronteiras das teorias clássicas (produzidas até o final do século XIX) para contemplar os desafios da sociedade moderna, em termos de produção de energia e alimentos, preservação do meio ambiente, assim como de instrumentos para a saúde, a informação e o lazer)”⁶

Ao longo dos seis temas propostos (vide tabela abaixo extraída do texto oficial) para compor os seis semestres regulares de Física no Ensino Médio são propostos vários temas de Física Moderna e Contemporânea. Destaque deve ser feito ao conteúdo do último semestre do terceiro ano, dedicado ao estudo da *interação da matéria e com a radiação*. Nesse tema são propostos para estudo os conteúdos de Física Atômica, Física Nuclear e Partículas, Dualidade onda-partícula, Laser e novos materiais.⁷

⁴ GIL-PÉREZ, D. **Relaciones entre Conocimiento Escolar y Conocimiento Científico**. In: Investigación en la Escuela, vol. 23, 1994.

⁵ FISCHLER, H. e LICHTFELDT, M. **Modern Physics and Students' Conceptions**, Journal of Science Education, London, v. 14, n. 2, p. 181-190, Apr./June 1992.

⁶ SÃO PAULO, SE **Proposta Curricular para Educação Básica**, 1998.

⁷ SÃO PAULO, *opus cit.*

	1ª Série	2ª Série	3ª Série
1º Semestre	Movimentos: variações e conservações	Calor, ambiente e usos de energia	Equipamentos elétricos
2º Semestre	Universo, Terra e vida	Som, imagem e comunicação	Matéria e radiação

Os cadernos de orientação docente atestam a opção do Estado por uma Física modernizada, tanto em termos de conteúdos como de metodologias de ensino⁸.

Vale acrescentar também que a equipe proponente do novo currículo de Física e dos cadernos de orientação aos professores de Física do Estado de São Paulo são em partes os mesmos que desenvolveram o projeto “Atualização do currículo de Física no Ensino Médio de escolas estaduais: a transposição das teorias modernas e contemporâneas para a sala de aula”, mencionados no início desta introdução e que compõem a equipe acadêmica da presente proposta.

Assim, foi com grande satisfação que a equipe aceitou o convite e se empenhou ao máximo na elaboração da proposta curricular do Estado, que hoje, já se encontra oficializada e em plena execução. A equipe entende que o convite para essa grande empreitada ocorreu, em parte, como decorrência do trabalho desenvolvido nesse projeto FAPESP ensino Público desenvolvido de 2003 a 2007. Dessa forma, acreditamos com o presente projeto auxiliar na implementação do currículo de Física do Estado naquilo que tange aos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea. Estes, em particular, serão os de maior dificuldade para o professor médio da rede estadual, pois necessita de saberes docentes não disponíveis tanto na sua formação inicial como no sistema de ensino do qual faz parte.

Não nos será possível abarcar a totalidade dos professores de Física da rede pública, mas pretendemos desenvolver um trabalho de tutoria e acompanhamento com multiplicadores das principais regiões do Estado.

⁸ Ver -

http://www.rededosaber.sp.gov.br/contents/SIGSCURSO/sigscFront/default.aspx?SITE_ID=25&SECAO_ID=573

IV - OS OBJETIVOS

- Contribuir para a implementação com qualidade dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea presentes na proposta curricular de Física do Estado de São Paulo.

V - O PÚBLICO ALVO

O curso atenderá preferencialmente professores que exerçam as seguintes funções:

- Professor Coordenador de Oficina Pedagógica de Física (PCOP);
- Professor licenciado em Física e efetivamente ministrando aulas de Física.

VI - CONTEÚDO E METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO CURSO

O grupo se propõe a acompanhar o desenvolvimento dos professores na aplicação em sala de aula e os resultados obtidos em termos de aprendizagem por meio de atividades que permitam a reflexão crítica e avaliação dos limites e possibilidades do ensino-aprendizagem de conteúdos de Física Moderna. Serão privilegiados os seguintes aspectos:

- Momentos reflexivos periódicos: situações em que o aluno reflete sobre sua aprendizagem através da elaboração de textos, sob a solicitação do professor buscando que ele se torne consciente do processo de construção pelo qual está passando e que seriam confrontados com os registros reflexivos do professor;⁹
- Questões abertas de verificação de aprendizagem: instrumentos de avaliação individual e/ou coletiva para serem utilizados por todos os professores envolvidos no processo, sem características de prova, ou seja, não visando a obtenção de conceito para menção bimestral, mas que permitam avaliar o conteúdo e o raciocínio do aluno;¹⁰

⁹ ASTOLFI, J. P. (1997) **Mots-Clés de la Didatique des Sciences**. Paris: De Boek, 1997

ASTOLFI, J. P. e DEVELAY, M. (1989) **A Didáticas das Ciências**. Campinas: Papirus, 1994.

¹⁰ AZEVEDO, M. C. S. (2004) **Ensino por Investigação: Problematisando as Atividades**. In: CARVALHO, A. M. P.(org) **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Thomson, 2004.

- Uso de gravação de aulas em fitas de vídeo e/ou áudio, que levem o grupo de pesquisadores a avaliar a participação dos alunos, e as questões relevantes no processo de construção do conhecimento¹¹.

Do ponto de vista das metodologias de ensino a serem utilizadas, partiremos das experiências já realizadas no projeto anterior. Dessa forma, a construção dessas atividades serão pautadas pelas seguintes linhas metodológicas de ensino:

a) *Uso de Textos históricos:*

a Física, como todas as ciências, desenvolveu-se relacionada às diferentes épocas e situações sócio-culturais, e pensamos que o aluno diante do texto histórico percebe o desenvolvimento de seu modo de pensar que é semelhante ao que ocorreu na história, fazendo um “diálogo” com os textos.

b) *Uso de Experiências de demonstração-investigativa:*

são demonstrações feitas pelo professor e observadas pelos alunos, mas são investigativas, na medida em que não são usadas para ilustrar, mas para fazer o aluno refletir sobre o assunto, sobre o que ele está vendo e buscar a explicação no modelo teórico.

c) *Uso do Laboratório aberto:*

trata-se de um tipo de laboratório em que o aluno participa ativamente em todas as etapas, desde a elaboração de hipóteses, até a elaboração da conclusão, junto com o professor. O laboratório aberto é uma atividade bastante importante por colocar o aluno em contato com o trabalho científico, tal como ele é feito. Ao final do trabalho, é produzido um relatório experimental que é o conjunto de todas as etapas desenvolvidas em classe, com gráficos, equacionamento de retas, etc.

d) *Uso de Questões e problemas abertos:*

são questões para discussão em grupo, onde novas situações são apresentadas, e o grupo de alunos discute e apresenta suas respostas, sempre com base na teoria explicada. Os problemas abertos são situações gerais que são apresentadas aos grupos ou à classe, onde se discute desde as condições de contorno, até as possíveis soluções para as situações.

¹¹ CARVALHO, A. M. P. (2005) **Metodología de Investigación en Enseñanza de Física: Una Propuesta para Estudiar Procesos de Enseñanza y Aprendizaje**. In: Revista de Enseñanza de la Física vol.18, n.1, 2005.

e) *Uso de referências bibliográficas alternativas para sala de aula(Textos de apoio):*

textos adaptados e/ou sugeridos de livros que auxiliam o aluno e dão o embasamento teórico imprescindível para que possa estudar e esclarecer as possíveis dúvidas em casa ou nas discussões das questões e problemas, e nas avaliações com consulta.

f) *Uso de Vídeos:*

em certos conteúdos, a visualização de situações problemas e modelos auxilia e facilita a compreensão dos fenômenos estudados. Procuramos assim também introduzir trechos de vídeos (cassete e DVD), a fim de motivar a curiosidade do aluno e auxiliar na compreensão dos fenômenos.

g) *Uso de Softwares e internet:*

Com a chegada de computadores nas escolas, para uso dos alunos, e com o desenvolvimento de pesquisas nessa área, percebemos a necessidade de incluir o uso de softwares educacionais como ferramenta de ensino de Física. Os softwares são utilizados como simulação, para atividades experimentais em que seja difícil o trabalho experimental ou caro o equipamento necessário. Nesse caso, bem como no uso da internet, é importante lembrar que o aluno vai desenvolver habilidades e competências em Física com atividades preparadas para que desenvolva habilidades e chegue a conhecimentos que de outra forma seriam mais difíceis de ser compreendidos ou trabalhados.

DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES

A tarefa principal da presente proposta é capacitar multiplicadores dentre os professores de Física da rede para assumirem o papel de interlocutores dos demais professores de Física de suas escolas/diretorias de ensino. A capacitação será feita na forma de um curso de 90 horas, sendo que teremos 40 horas de atividades presenciais (a serem detalhadas mais adiante) e 50 horas semipresenciais (a serem detalhadas mais adiante), onde os professores cursistas irão implementar as atividades desenvolvidas nos cursos em suas respectivas escolas/diretorias de ensino, com um acompanhamento desta parte a distância que será detalhada mais adiante.

A exemplo do que foi feito no projeto anterior, esses cursos serão ministrados no âmbito das atividades de extensão da Faculdade de Educação da USP pela equipe

proponente desta proposta, composta de docentes da USP e pós-graduandos. Os participantes optarão pela capacitação em um dos três temas do Ensino Médio que focam os seguintes conteúdos de Física Moderna respectivamente:

- ✓ **Tema 1:** Relatividade;
- ✓ **Tema 2:** Linhas espectrais;
- ✓ **Tema 3:** Partículas elementares.

Cada capacitação abará um número mínimo de 15 participantes a um número máximo de 30 participantes, e conforme já mencionado será composta de 5 encontros presenciais de 8 horas. Na parte presencial, serão abordados os conteúdos de Física Moderna, assim como apresentadas atividades de ensino para o tratamento desses conteúdos no Ensino Médio. As atividades serão aquelas presentes nos cadernos de orientação produzidas pela Secretaria de Educação e outros materiais complementares a serem elaborados nesta proposta.

A adesão ao curso será de livre opção dos professores, a exemplo do que foi feito nos cursos anteriores ministrados por este grupo. Na seleção dos cursistas será privilegiado a distribuição regional, visando atingir todas as 90 diretorias de ensino do Estado.

Os cursos serão reeditados nos três próximos anos, de modo que, ao final, espera-se capacitar aproximadamente 270 professores multiplicadores, supondo uma média de 90 professores participantes (uma média de 30 professores por curso) em cada execução dos cursos ao longo desse tempo.

A equipe responsável por cada uma dos cursos será composta por 2 professores da rede pública (bolsistas), antigos membros do projeto anterior, um pós-graduando e pela equipe de docentes da USP.

Os conteúdos a serem abordados na parte presencial dos cursos são apresentados na seqüência. Acredita-se no potencial dos professores participantes do projeto de sugerirem adaptações a essas atividades, assim como a proposição de outras.

RELAÇÃO DE TEMAS

TEMA 1 – Relatividade

EMENTA:

Este curso propõe uma nova abordagem ao estudo da relatividade nos sistemas físicos. Propicia também um novo olhar sobre as leis da mecânica, fazendo-se necessário o estudo em diferentes referenciais (trajetórias, variação de velocidade). Introduzem-se os postulados da Relatividade Especial, as transformações de Lorentz e a relação das simetrias do espaço e do tempo com as leis de conservação da quantidade de movimento e energia. Após isso, trata-se de tópicos de Relatividade Geral e noções de Cosmologia.

O objetivo é apresentar um material didático desenvolvido para uma sequência de aulas, discutindo com os participantes do curso a opção de fazer a inserção de tópicos da Relatividade no ensino médio. Serão apresentados alguns problemas encontrados em relação ao conteúdo tratado, as soluções propostas, assim como relatos dos resultados obtidos da aplicação em sala de aula de escolas públicas de São Paulo.

Além disso, este curso propõe-se a orientar a produção e implementação em sala de aula de uma Sequência Didática sobre o conteúdo de Física Moderna, abaixo detalhado. A Sequência Didática é pensada na forma de um módulo de ensino-aprendizagem contendo introdução, justificativa, proposta de aulas, propostas de avaliação e materiais complementares.

CONTEÚDOS:

- Leis da Mecânica;
- Relatividade Especial: princípios, transformações de Lorentz, simultaneidade;
- Leis de conservação: quantidade de movimento e energia;
- Tópicos de Relatividade Geral: campo gravitacional, espaço curvo e princípio de equivalência;
- Noções de Cosmologia.

TEMA 2 - Linhas espectrais

EMENTA:

Este curso propõe uma abordagem investigativa para o estudo da natureza dual da luz e matéria. Com essa finalidade abordaremos o Eletromagnetismo e Óptica na física clássica propiciando discussões qualitativas sobre seus fundamentos e leis no

domínio da física clássica. Será abordado o estudo da espectroscopia e do átomo de Bohr, culminando no estudo dos experimentos de difração da luz e elétrons, as semelhanças dos resultados que levaram à mudança de paradigma dos modelos ondulatórios da luz e corpuscular dos elétrons, servindo como um dos alicerces para a edificação da física quântica. Dessa forma, introduz-se o estudo da Física Moderna com a espectroscopia.

O objetivo é apresentar um material didático desenvolvido para uma sequência de aulas, discutindo com os participantes do curso a real viabilidade da discussão da natureza dual da luz e matéria e sua importância para o desenvolvimento da mecânica quântica. Serão apresentados alguns problemas encontrados em relação ao conteúdo tratado, as soluções propostas, assim como relatos dos resultados obtidos da aplicação em sala de aula de escolas públicas de São Paulo.

Além disso, este curso propõe-se a orientar a produção e implementação em sala de aula de uma Sequência Didática sobre o conteúdo de Física Moderna, abaixo detalhado. A Sequência Didática é pensada na forma de um módulo de ensino-aprendizagem contendo introdução, justificativa, proposta de aulas, propostas de avaliação e materiais complementares.

CONTEÚDOS:

- Modelos na Ciência
- Propriedades Elétricas e Magnéticas da Matéria
- Campo Elétrico e Magnético
- Campo Magnético e a Indução Eletromagnética
- Fenômenos Ondulatórios da Luz
- Espectroscopia
- Átomo de Bohr
- O Efeito Fotoelétrico
- Dualidade Onda-Partícula

TEMA 3 - Partículas elementares

EMENTA:

Este curso propõe uma nova abordagem ao estudo de campos, de ondas e uma introdução à Física Quântica. Em campos propõe-se um estudo simultâneo dos campos elétrico, magnético e gravitacional. Associam-se as idéias de campos e ondas preferencialmente à propagação da informação, propondo explicações de fenômenos do cotidiano, com conceitos físicos contemporâneos. Desta forma, os estudos de campos e das ondas servem de suporte para uma introdução ao estudo da Física Moderna que será

iniciada com espectroscopia. Após isso, será possível tratar aspectos importantes da Mecânica Quântica, partindo do átomo de Bohr até à apresentação dos resultados das mais recentes pesquisas. Além disso, serão discutidos aspectos da estrutura da matéria. Nesse estudo, os modelos atômicos são tratados numa perspectiva histórica evidenciando a riqueza da pesquisa científica no início do século, até as pesquisas mais atuais sobre os constituintes da matéria, permitindo aos professores conhecerem as partículas elementares, além de elétron, próton e nêutron.

O objetivo é apresentar um material didático desenvolvido para uma sequência de aulas, discutindo com os participantes do curso a opção de fazer a inserção de tópicos da Teoria Quântica, Radiações e Partículas Elementares. Serão apresentados alguns problemas encontrados em relação ao conteúdo tratado, as soluções propostas, assim como relatos dos resultados obtidos da aplicação em sala de aula de escolas públicas de São Paulo.

Além disso, este curso propõe-se a orientar a produção e implementação em sala de aula de uma Sequência Didática sobre o conteúdo de Física Moderna, abaixo detalhado. A Sequência Didática é pensada na forma de um módulo de ensino-aprendizagem contendo introdução, justificativa, proposta de aulas, propostas de avaliação e materiais complementares.

CONTEÚDOS:

- Modelos na Ciência;
- Partícula e onda: as duas entidades do universo físico;
- Introdução às propriedades magnéticas e elétricas da matéria;
- Modelo atômico de Bohr;
- Efeito fotoelétrico;
- Dualidade onda-partícula;
- Radiações: raios-X; radiação γ ; radiação α , β e radiações eletromagnéticas;
- Ordem de grandeza;
- Modelos Atômicos e espalhamento Rutherford;
- A estabilidade do núcleo e a Força Forte;
- Modelo dos quarks;
- Neutrino e a radiação β ;
- As novas leis de conservação;
- Antimatéria e antipartículas;
- Bósons e Férmions;
- Modelo Padrão.

VII - ESTRATÉGIAS E RECURSOS TECNOLÓGICOS SELECIONADOS

Os cursos acontecerão com aulas teóricas e práticas, promovendo discussões que permitam inserir a Física Moderna no ambiente escolar. Os professores cursistas serão divididos em pequenos grupos com no máximo cinco integrantes e serão supervisionados durante as atividades realizadas pela equipe destacada para realização dos mesmos. Com a divisão em pequenos grupos, acreditamos que será possível dar uma atenção mais individualizada aos problemas e dificuldades que aparecerão durante as aulas.

Para o acompanhamento da parte a distância do curso, também será montado um fórum na internet, com um grupo de discussão que permitirá um retorno quanto às dúvidas que surgirem quanto às atividades e conteúdos trabalhados. Além disso, a criação de um grupo de discussão permite ao professor incorporar a necessidade de trabalho em equipe, de troca de experiências e de uso da informática em sua formação e/ou docência.

Os professores serão incentivados a aplicarem os conteúdos trabalhados em suas escolas, o que acreditamos serem umas principais metas dos cursos, além da própria formação continuada do professor e do contato com conteúdos que normalmente não são abordados por eles em suas aulas de física no Ensino Médio. Assim, estamos oportunizando uma atualização dos professores fundamentada nos parâmetros do Currículo de Física do Estado de São Paulo, contribuindo para a inserção na prática pedagógica dos professores o ensino de uma física mais contemporânea e que já está muito difundida em nosso mundo tecnológico, porém que ainda não é abordada de maneira satisfatória em nossas salas de aulas.

Grande parte do curso aborda atividades investigativas e que permitem a construção de experimentos com materiais de baixo custo que os professores montarão e levarão para seus respectivos colégios. Como os materiais são de baixo custo, não trarão ônus nenhum aos professores, que receberão os mesmos através dos cursos.

Como teremos cinco encontros aos sábados, teremos durante este período dos sábados e durante a semana, o acompanhamento dos professores através do fórum de discussões e através dos relatórios que eles trouxerem das atividades que eles desenvolveram em suas escolas, trazendo-nos resultados preliminares e/ou problemas enfrentados quanto a sua aplicação, além de sugestões que possam enriquecer o material e as atividades propostas.

VIII - FORMAS DE ACOMPANHAMENTO E DE AVALIAÇÃO DOS PARTICIPANTES E DO CURSO

A avaliação dos participantes do curso se dará durante as aulas à partir da realização das atividades propostas, entrega de relatórios, exercícios, avaliação escrita e participação dos mesmos nas aulas.

IX - BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA COMENTADA

TEMA 1

DALY, L. N.; HORTON, G. K. **The Universality of Time Dilatation and Space Contraction**. The Physics Teacher v. **32**, n. 5, p. 306-308, 1994.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

EINSTEIN, A. **A Teoria da Relatividade Especial e Geral**. Tradução de C.A. Pereira. Revisão Técnica de I.C. Moreira. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. **A evolução da Física**. Rio de Janeiro: Zahar, 1938.

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

FEYNMAN, R.P., LEIGHTON, R.B. SANDS M., **Lições de Física**, Porto Alegre: Bookman, 2008.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

GOLDSMITH, M. **Albert Einstein e seu universo inflável**. Trad. Eduardo Brandão. São Paulo: Companhia da letras, 2002.

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

HALL, D.E. **Intuition, time dilatation, and the twin paradox**. The Physics Teacher 16 (4), p. 209-215, 1978.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

HILL, C. and LEDERMAN, L. **Teaching Symmetry in the Introductory Physics Curriculum.** The Physics Teacher, 38(6), pp. 348-353, 2000.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

KARAM, R. A. S. **Relatividade Restrita no Início do Ensino Médio: Elaboração e Análise de uma Proposta.** Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

Texto de Pesquisa em Ensino de Física.

KARAM, R. A. S. ; SOUZA CRUZ, S. M. S. C. ; COIMBRA, D. **Tempo relativístico no início do Ensino Médio.** Revista Brasileira de Ensino de Física (São Paulo), 28 (3), p. 373-386, 2006.

Texto de Pesquisa em Ensino de Física.

_____. **Relatividades no ensino médio: o debate em sala de aula.** Revista Brasileira de Ensino de Física (São Paulo), 29 (1), p. 105-114, 2007.

Texto de Pesquisa em Ensino de Física.

LEDERMAN, L. e HILL, C. **Symmetry and the beautiful universe.** Amherst: Prometheus Books, 2004.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

MARTINS, A. F. P. e ZANETIC, J. **O Tempo na mecânica: de coadjuvante a protagonista.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física **19** (2), p.149-175, 2001.

Texto de Pesquisa em Ensino de Física.

OLIVEIRA, I. S. **Física Moderna: para iniciados, interessados e aficionados.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

STANNARD, R. **O Tempo e o Espaço do tio Alberto**. Trad. A. M. Nunes dos Santos e Christopher Aurretta. Lisboa: Edições 70, 1989.

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

TEMA 2

BONDI, H. *Expansion of Universe in Project Physics Reader*. Holt, Rinehart and Winston Inc. New York, 1968-69.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

BRONOWSKI, J. **The Arrows of Time in Project Physics Reader**. Holt, Rinehart and Winston Inc. New York, 1968-69.

Texto de divulgação científica.

FIEDLER-FERRARA, N, Prado, C. P. C. **Caos – uma introdução**. Edgar Blücher. São Paulo, 1994.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

GAMOW, G. **Mawell's Demon** in Project Physics Reader. Holt, Rinehart and Winston Inc. New York, 1968-69.

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

_____. **O Incrível Mundo da Física Moderna**. Ibrasa. São Paulo, 1980.

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

_____. **The Law of Disorder in Project Physics Reader**. Holt, Rinehart and Winston Inc. New York, 1968-69.

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

GEVERTZ, R. **Determinação do Equivalente Mecânico do Calor in Manual de Física** (Experiência de Termologia I). IBICC. São Paulo, [s/d].

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

GLEICK, J. **Caos – a criação de uma nova ciência**. Editora Campus. Rio de Janeiro, 1990.

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

MARÍN, E. G. **Esto es el caos. Coleccion Viaje AL Centro de La Ciência**. Consejo Nacional para La Cultura y las Artes. ADN Editores. Mexico, 1995.

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

MICHELSON, A. A. **Velocity of Light in Project Physics Reader**, Vol. 4. Holt, Rinehart and Wiston, Inc. New York, 1968-69.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE. **Física, Parte IV**. Editora Universidade de Brasília, 1967.

_____. **Física, Parte II**. Edart – São Paulo Livraria Editora Ltda. São Paulo, 1972.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

YOUNG, T. **Experiments and Calculations Relative to Physical Optics** in Project Physics Reader, Vol. 4. Holt, Rinehart and Winston, Inc. New York, 1968-69.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

TEMA 3

ABDALLA, Maria Cristina. **O estranho charme das partículas elementares.** São Paulo: Editora da UNESP, 2006.

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

ALVES, Gilson; CARUSO, Francisco; FILHO, Hélio da Motta; SANTORO, Alberto. **O mundo das partículas de hoje e de ontem.** Rio de Janeiro: CBPF, 2000.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

ALVES, Gilvan Augusto; SANTORO, Alberto; GOMES E SOUZA, Moacyr Henrique. **Do elétron ao quark top.** Ciência Hoje, V.19, nº 113, Setembro 1995, pp.34 – 44.

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

BROCKINGTON, Guilherme. **A Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para alunos do Ensino Médio.** Dissertação de mestrado. São Paulo: IF/FE USP, 2005.

Texto de Pesquisa em Ensino de Física.

CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor; SANTORO, Alberto. **Partículas elementares: 100 anos de descoberta.** Manaus: Editora da Universidade Federal de Manaus, 2005.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

CARUSO, Francisco; SANTORO, Alberto. **Do átomo Grego à Física das interações fundamentais.** 2ª ed. Rio de Janeiro: AIAFEX, 2000.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

DE CASTILHO, Caio Mário Castro. **Quando e como o homem “viu” o átomo.** Ciência Hoje, V.33, nº 196, p.30-36. Agosto 2003.

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

GILMORE, Robert. **Alice no país do Quantum: a Física Quântica ao alcance de todos.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar ed, 1998.

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

GILMORE, Robert. **O mágico dos Quarks: a física de partículas ao alcance de todos.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

GRUPO DE FÍSICA NUCLEAR. **Efeito túnel e estabilidade nuclear.** Revista do CBPF, pp. 32 - 35.

(http://portal.cbpf.br/protected/Pages/divulgacao/pdfs/FisNucl_EfeiTunEstabNucl.pdf)

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

GRUPO DE RAIOS CÓSMICOS DE ALTAS ENERGIAS. **Energia extrema no Universo.** Revista do CBPF, pp. 06-09.

(http://portal.cbpf.br/protected/Pages/divulgacao/pdfs/FisAltEnerg_EnegExtrUniv.pdf)

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

HEWITT, Paul. **Física Conceitual.** 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

Livro Didático para Graduação em Física.

JOLIE, Jan. **Supersimetria: experiências tentam confirmar teoria que relaciona partículas subatômicas.** Scientific American do Brasil, nº 3, Agosto 2002.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

KALMUS, P. I. Particle physics at A-level-the universities viewpoint. **Physics Educations.**

Bristol: V.27, n.2, p.62-64, mar. 1992.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

MARTINS, R. A. A descoberta dos raios-X: o primeiro comunicado de Röntgen. **Revista Brasileira do Ensino de Física.** V.20, n.04, 1998.

Texto de História da Ciência sem linguagem técnica.

MENEZES, Luís Carlos; HOSOUKE, Yassuko. Para lidar com o mundo real, a Física escolar também precisa ser quântica. **Atas: XII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Belo Horizonte, p.282-230, jan. 1997.

Texto de Pesquisa em Ensino de Física.

NATALE, Adriano A.; GUZZO, Marcelo M. **Neutrino: partículas onipresentes e misteriosas.** Ciência Hoje. V.25, n.147, p.34, mar.99

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, V.18, n.2, p.135-151, ago 2001.

Texto de Pesquisa em Ensino de Física.

PINTO, A.C., ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, V.16, n.1, p.7-34, abril 99.

Texto de Pesquisa em Ensino de Física.

PIRES, Antônio Sérgio Teixeira. **Solução para o desconcertante**. Ciência Hoje. V.33, n.193, p.76-79, maio 2003.

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

SCOCCOLA, Norberto. **Pentaquark: nova partícula subatômica?** Ciência Hoje. V.35, n.210, p.36-40, nov.2004.

Texto de divulgação científica sem linguagem técnica.

SIQUEIRA, Maxwell. Do visível ao indivisível: uma proposta de ensino de Física de Partículas Elementares para a Educação Básica. São Paulo: curso de pós-graduação em ensino de ciências –USP, 2006. Dissertação.

Texto de Pesquisa em Ensino de Física.

SIQUEIRA, Maxwell ; PIETROCOLA, Mauricio. **Revisando materiais de ensino médio sobre o tema Física de Partículas Elementares**. V ENPEC, Bauru, 2005 (secção de pôster).

Texto de Pesquisa em Ensino de Física.

STANNARD, R. Modern physics for the young. **Physics Education**, Bristol, v. 25, n. 3, p. 133, May 1990.

Texto de Pesquisa em Ensino de Física.

SWINBANK, E. Particle Physics: a new course for schools and colleges. **Physics Education**, v. 27, n. 2, p. 87-91, mar. 1992.

Texto técnico mas em linguagem acessível a professores que esclarece conceitos físicos presentes nas principais teorias modernas.

TERRAZZAN, Eduardo A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, V.9, n.3, p.209-214, dez.1992.

Texto de Pesquisa em Ensino de Física.

TERRAZZAN, Eduardo A. **Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média**. São Paulo: curso de pós-graduação em educação – USP, 1994 Tese.

Texto de Pesquisa em Ensino de Física.

TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Ralph A. **Física Moderna**. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

Livro Didático para Graduação em Física.

X - OS CRITÉRIOS DE CERTIFICAÇÃO

Os professores deverão comparecer a no mínimo 80% das aulas e obterem desempenho satisfatório nas atividades propostas durante a realização do curso como entrega de relatórios, exercícios, avaliação escrita e participação das aulas.

XI - A RELAÇÃO NOMINAL E CURRÍCULOS RESUMIDOS DOS PROFISSIONAIS RESPONSÁVEIS PELA COORDENAÇÃO, ORGANIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO CURSO, OBSERVADA PARA A COORDENAÇÃO A QUALIFICAÇÃO MÍNIMA DE GRADUAÇÃO EM NÍVEL SUPERIOR

EQUIPE:

- Prof. Dr. Maurício Pietrocola (coordenador) - FEUSP - LaPEF - NuPIC: Professor doutor da Faculdade de Educação da USP. Responsável pela disciplina de Metodologia do Ensino de Física para Graduação e outros cursos na Pós-Graduação. Coordenador do LaPEF (Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física) e do NuPIC (Núcleo de Pesquisas e Inovações Curriculares).
- Profa. Dra. Nobuko Ueta (coordenadora) - IFUSP - LaPEF - NuPIC: Professora doutora do Instituto de Física da USP, ligada ao departamento de Física Nuclear. Associada do NuPIC (Núcleo de Pesquisas e Inovações Curriculares).

Equipe do TEMA 1

- Prof. Dr^a. Lúcia Helena Sasseron - FEUSP - LaPEF: Professora doutora da Faculdade de Educação da USP. Ministra a disciplina de Metodologia do Ensino de Física para Graduação LaPEF.
- Prof. Tadeu Nunes de Souza - LaPEF: Licenciado em Física pelo IFUSP. Professor da Rede Pública e participante do projeto de Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula.
- Prof. Ms. Fabio Bresighello Beig - LaPEF: Licenciado e Bacharel em Física pela UNESP. Mestre em Física aplicada pela UNESP. Professor da Rede Pública e participante do projeto de Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula.

Equipe do TEMA 2

- Prof. Ms. George Kouzo Shinomiya - Licenciado em Física pelo IFUSP. Mestre em Ensino de Ciências pelo programa de pós-graduação interunidades da USP. Doutorando da Faculdade de Educação.
- Prof. Ms. Alexandre Campos - LaPEF: Licenciado em Física pela UFSCAR. Mestre em história da Ciência pela PUC. Professor da Rede Pública e participante do projeto de Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula. Doutorando pelo programa de pós-graduação interunidades da USP em Ensino de Ciências.
- Prof. Ms. Wellington Batista de Sousa - LaPEF: Licenciado em Física pelo IFUSP. Mestre em Ensino de Ciências pelo programa de pós-graduação interunidades da USP. Professor da Rede Pública e Particular, participante do projeto de Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula. Doutorando pelo programa de pós-graduação interunidades da USP em Ensino de Ciências.

Equipe do TEMA 3

- Profa. Dra. Nobuko Ueta (coordenadora) - IFUSP - LaPEF - NuPIC: Professora doutora do Instituto de Física da USP, ligada ao departamento de Física Nuclear. Associada do NuPIC (Núcleo de Pesquisas e Inovações Curriculares).

- Prof. Ms. Armando Massao Tagiku - IF/FE USP - LaPEF: Licenciado em Física pelo IFUSP. Mestre em Ensino de Ciências pelo programa de pós-graduação em Ciências da USP. Professor da Rede Pública e participante do projeto de Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula.
- Profa. Ms. Guaraciaba de Campos Tetzner - Pós-graduação IPEN USP - LaPEF: Graduada em Física pelo IFUSP. Mestre do Programa de Pós-Graduação do IPEN. Professora da Rede Pública participante do projeto de Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula.

XII - A ORGANIZAÇÃO DO CURSO COM AS SEGUINTE REFERÊNCIAS:

a) carga horária total;

90 horas, sendo 40 horas de atividades presenciais e 50 horas semipresenciais.

b) sistemática de desenvolvimento de atividades presenciais ou à distância;

O curso tem previsão de início em 28 de agosto de 2010 e término em 02 de julho de 2011, sendo que a fase inicial que será totalmente presencial deve ocorrer no período de 28 de agosto de 2010 a 06 de novembro de 2010, pela manhã das 8:00 h às 12:00 h, e no período da tarde das 14:00 h às 18:00h. A etapa presencial do curso terá uma duração de 40 horas, com desenvolvimento de atividades presenciais. O cronograma, assim como as descrições destas atividades, encontram-se no quadro abaixo. As aulas serão ministradas aos sábados na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Serão oferecidas vagas para até 30 professores coordenadores de oficinas pedagógicas de Física do Ensino Médio da rede pública para cada série ou que atendam os critérios estabelecidos. Não haverá custo para os professores durante a realização do curso.

As atividades semipresenciais ocorrerão de 28 de agosto de 2010 a 02 de julho de 2011. As atividades serão desenvolvidas tanto em encontros na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, em dias e horários a serem definidos junto aos participantes, e também haverá atividades *on line*, usando o recurso da plataforma Moodle/Stoa.

b) 1. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES PRESENCIAIS:

Período de realização da primeira fase: 28/08/2010 a 06/11/2010

b) 1.a. Tema 1

RELATIVIDADE				
Data	Aula	Conteúdo	Prof.	Tempo
28/08	Tempo	<p>Concepções de tempo: tempo emocional X tempo físico; Importância do tempo para a Física (de coadjuvante a protagonista); Vídeo “Tempo e o eterno movimento”.</p> <p>Apresentar o paradoxo de Zenão para associar evento e tempo.</p>		2h
	Espaço	<p>Concepções de espaço: representações do espaço na ciência, nas artes e em culturas diferentes;</p> <p>Matematização do espaço: exercícios do Tadeu: papel milimetrado – diferentes referenciais e as considerações algébricas a se fazer na mudança de um para outro.</p>		2h
	Evento	Atividade: Brás Cubas		1,5h
	Referencial	<p>Atividade: vídeos de diferentes pontos de vista.</p> <p>Elaboração de descrições das cenas.</p> <p>Atividade: leitura do texto Referencial e questões</p>		2,5h

11/09	Simetria	<p>Atividade: Figuras e letras.</p> <p>Relacionar atividade com funções e gráficos (pré-definidos e escolhidos e levados para a sala com o intuito de comparar pequenas alterações na variável independente da função)</p> <p>Vídeo: “Arte e Matemática”</p>		2,5h
	Leis de conservação	<p>Teorema de Noether</p> <p>Atividade da melec</p> <p>Exercícios de lápis e papel: conservação de momento e energia</p>		2,5h
	Somando velocidades	<p>Transformação clássica de velocidades (adição galileana)</p> <p>Exercícios da versão anterior do curso + exercícios do Jorge e Pedro</p> <p>Transformações de Galileu</p>		3h
25/09	Contradições	<p>Contradições decorrentes da adição galileana aplicada à luz : Texto Ricardo, Fábio e Guilherme (SNEF, 2009): discutir com diferentes observadores</p>		4h
	Postulados de Relatividade	<p>1º postulado (Relatividade de Galileu e princípio de simetria)</p> <p>2º postulado (contradições e princípio de simetria).</p> <p>Texto de apoio</p>		1h
	Dilatação temporal e contração do comprimento	<p>Exercícios de aplicação das transformações de Lorentz: cf. Robilotta</p>		3h

23/10	Contração do comprimento	Exercícios de aplicação das transformações de Lorentz: cf. Robilotta Texto “Sr. Tompkins”, Gamow. Atividades extras: Vídeo: detecção múons; experiência de Michelson-Morley; Discovery (aviões)		3h
	Transformações de Lorentz	Dedução das Transformações de Lorentz a partir dos Postulados da Relatividade Restrita		2h
	Relatividade da Simultaneidade	Exemplos de aplicações das transformações de Lorentz Simulação gráfica		2h
	Relação Massa-energia	Dedução matemática e texto		1h
06/11	Relação massa-energia	Vídeo e exemplos intrigantes		2h
	Princípio da equivalência	Relação gravidade e aceleração Relatividade Geral		2h
	Aplicações de Relatividade Geral	Curvatura do espaço Noções de Cosmologia Exemplos: precessão de Mercúrio; lentes gravitacionais; buracos negros; Big Bang; experiência de Sobral: localidade e não-localidade (EPR)		3,5h
	Questionário	Avaliação final do curso		0,5h

b) 1. b. Tema 2

LINHAS ESPECTRAIS			
Data	Aula	Momentos	Tempo
28/08	Abertura	Apresentação	30 min
		Questionário	30 min
	Atividade da caixa preta	Observação e Manuseio da Caixa Preta	15 min
		Elaboração de um esquema de funcionamento do mecanismo da caixa preta pelos professores	10 min
		Apresentação e Discussão da Validade dos Esquemas Propostos	30 min
	Café		
	Modelos na Ciência	Discussão da Atividade Proposta	20 min
		Texto: O que são Modelos?	40 min
		Vídeo: A Caixa Preta na Sala de Aula	20 min
		Questões	10 min
	Almoço		
	Introdução às Propriedades Elétricas e Magnéticas	Acerca das Propriedades da Matéria: Quais Materiais “Grudam”	10 min
		Apresentação e Leitura Parcial do Texto: Entrevista com o Elétron	30 min
		Apresentação da Simulação Computacional do LabVirt: sim_ondas_propagaçãoeletromag	
		Apresentação do Roteiro para Investigações Acerca das Propriedades da Matéria (experiência dos pêndulos)	30 min
		Vídeo filmado pelo Wellington e Josias (atividade dos pêndulos)	10 min

	Breve Discussão Sobre Campos: Elét, Magnét e Gravit	Representação de linhas de campo magnético (atividade prática) – Primeira parte com bússola e ímãs; segunda parte, ímãs e Bombril (idêntico ao da proposta da Secretaria da Educação)	20 min
	Café		
	Breve Discussão Sobre Campos: Elétrico, ...	Leitura do Texto: Um Passeio Pelos Campos	40 min
		Questões (Quadro para Sistematização dos Campos Elétrico, Magnético e Gravitacional)	20 min
	O Campo Eletromagnético e a Indução Eletromagnética	Realizar a experiência de Öersted Vídeo: Exp. De Öersted (10 s) Leitura do Texto: Interação Entre Eletricidade e Magnetismo	40 min
11/09	O Campo Magnético e a Indução Eletromagnética	Realizar a experiência de Faraday Vídeo: Exp. De Faraday (10s) Vídeo da TV Ontário: Eletromagnetismo	30 min
		Leitura do Texto: Interação entre Eletricidade e Magnetismo (Recurso de Ensino 2, bloco V)	30 min
		Leitura e Discussão: Indução Eletrostática (Recurso de Ensino 4, bloco V)	30 min
	Café		
	O Campo Magnético e a Indução Eletromagnética	Vídeo: Motor Elétrico Construção do Motor Elétrico Blindando o Campo Eletromagnético	90 min
	Almoço		
	Luz e Cores	Observação da Caixa de Cores	40 min
		Mistura de Luzes	30 min

		Mistura de Pigmento	20 min
		Apresentação: Qual é a Cor da Cor	10 min
	Café		
	Luz e Cores	Questões	30 min
		Texto (Leitura e Discussão): O Que é a Cor	60 min
		Fotos dos Alunos Observando a Caixa de Cores	30 min
25/09	Explorando as Ondas Mecânicas e Eletromagnéticas	Questões Exploratórias	10 min
		Texto: Introdução ao Estudo das Ondas	30 min
		Vídeos com Molas	20 min
		Experiências de Interferência e Difração com Cuba de Água	20 min
		Ressonância com Régua e Pêndulo	20 min
		Apresentação: Ondas em Transparência	10 min
	Café		
	Explorando as Ondas Mecânicas e Eletromagnéticas	Vídeo: Fenômenos Ondulatórios da Luz	10 min
		Reflexão, Refração e Difração da Luz	60 min
		Texto: A Aceitação do Modelo Ondulatório para a Luz	50 min
		Questões	20 min
	Almoço		
	Espectroscopia	Construção do espectroscópio	45 min
		Observação da Luz Solar e de Espectros Diversos	45 min
	Café		

	Espectroscopia	Discussão Sobre as Observações e Diferenciação dos Espectros Contínuo e Discreto	20 min
		Texto: Espectroscópio	50 min
		Questões	10 min
		Vídeo: Maria Cristina (TV Escola)	10 min
		Fotos dos Alunos	20 min
23/10	Astrônomo Mirim	Simulação: Linhas Espectrais na Sala de Informática (site da UFRGS)	20 min
		Atividade do Astrônomo Mirim	30 min
		Astrônomo Mirim em Flash	30 min
		Vídeo: Astrônomo Mirim	10 min
		Fotos dos Alunos	10 min
	Café		
	Átomo de Bohr	Texto: Modelo Atômico de Bohr: Retomando os Espectros de Emissão e Absorção	60 min
		Apresentação: O Átomo de Bohr	30 min
		Vídeo: O Átomo de Bohr	20 min
	Almoço		
	Palestra	Palestra	2h
	Café		
	Átomo de Bohr	Questões	2h

06/11	O Efeito fotoelétrico	Retomar a aceitação do modelo ondulatório para a luz	10 min
		Vídeo: A Ideia do Quantum - Efeito Fotoelétrico	20 min
		Vídeo: Dr. Quantum - Fenda Dupla	20 min
		Texto: O Efeito Fotoelétrico	50 min
	Café		
	O Efeito Fotoelétrico	Questões, Correção e Discussão	40 min
		Simulação	40 min
	Almoço		
	Dualidade Onda-Partícula	Leitura do Texto: Teoria Corpuscular x Teoria Ondulatória da Luz	30 min
		Atividade: Pessoa - Fóton	30 min
		Apresentar Experiência de Mach-Zender	30 min
	Café		
	Dualidade Onda-Partícula	Apresentação do Interferômetro de Mach – Zender	30 min
		Questões, Correção e Discussão sobre a Natureza da Luz	30 min
		Encerramento do Curso	40 min

b) 1. c. Tema 3

Data	Conteúdo	Prof.	forma	Horário
28/08	Abertura Mauricio Questionário – Atividade 0 Apresentação e introdução do curso		expo	8:00
	Intervalo			10:15
	Atividade da linha do tempo Discussão sobre a evolução dos modelos atômicos Propor atividade da linha do tempo para trazer figuras na próxima aula vídeo <i>power of ten</i> pedir para entrar no site			10:30
	Almoço			12:00
	Discussão sobre dimensões e ordem de grandeza-cortar papel (passar filme do Wellington/Josias) Modelos atômicos: o espalhamento de Rutherford.	Guara/Arm	expo	14:00
	Intervalo			16:00
	Atividade espalhamento Vídeo: os primeiros modelos/o modelo de Rutherford Modelo atômico de Bohr: espectroscopia.(modelo) Efeito fotoelétrico (mencionar) Teste de múltipla escolha sobre o conteúdo da aula; Lição de casa – cada grupo pesquisar figuras e elaborar um resumo da parte incumbida pelo grupo (nós: trazer as radiografias)	Guara/Arm	expo vídeo	16:15

11/09	Recolher atividade realizada em casa	Guara/Arm	ativ	8:00
	Elaborar a linha do tempo			
	Intervalo			10:15
	Radiações alfa, beta e gama e raios X.	Wellington	expo	10:30
	Almoço			12:00
	Atividade do papel fotográfico e da radiografia.	Guara/Arm	ativ	14:00
	Intervalo			15:30
	Estabilidade nuclear, força forte e força fraca.	Guara/Arm	expo	15:45
	Teste de múltipla escolha sobre o conteúdo da aula; questões sobre os textos da próxima aula			
25/09	Aceleradores e detectores: processos de identificação e detecção de partículas subatômicas (Cesar Lattes).	Guara/Arm	expo	8:00
	Intervalo			10:00
	atividade – descobrindo novas partículas - quadradinhos	Guara/Arm	ativ.	10:15
	Almoço			12:00
	atividade - proposta do modelo de quarks - carga cor			14:00
	Intervalo			15:30
	Palestra do Oswaldo Pessoa Jr.			16:00
	CERN – LHC	Guara/Arm	expo	8:00
	A estrutura interna das partículas			
23/10	Elaborar plano de aula como aplicariam a atividade da próxima aula			
	Partículas elementares – interação fraca - beta <i>decay</i> e descoberta do neutrino	Guara/Arm	expo	9:00

	Intervalo			10:00
	Interação forte	Guara/Arm	expo	11:00
	Almoço			12:00
	Atividade das leis de formação.		expo	14:00
	Intervalo			15:30
	Partículas estranhas: novas leis de conservação – número barionico e número leptônico - estranheza			16:00

06/11	A descoberta do pósitron: as antipartículas			8:00
	Aniquilação: partículas x antipartículas			
	Teste de múltipla escolha/questões sobre os textos da próxima aula			
	Intervalo			10:00
	Famílias das partículas: Bósons e férmions.		expo	10:15
	Modelo padrão			
	Almoço			12:00
	Reaplicação da “atividade 0”; dúvidas e sugestões			14:00
	Intervalo			16:00
	Avaliação (mapa conceitual) e encerramento das atividades (entrega dos certificados)			16:15
				18:00

b) 2. ATIVIDADES SEMIPRESENCIAIS PARA TODOS OS TEMAS

1. 02 encontros presenciais de 8 h e 03 encontros presenciais de 4 h com datas a serem combinadas junto aos participantes. Nestes momentos, os participantes do curso estarão trabalhando na elaboração de sequências didáticas a serem aplicadas com seus alunos do Ensino Médio, totalizando 28 horas das 50 horas previstas para a parte semipresencial.

2. Trabalho na plataforma Moodle/Stoa: a ser desenvolvido ao longo do processo, totalizando o restante das 22 horas que faltam para completar as 50 horas da parte semipresencial.

c) distribuição da carga horária por tipo de atividade;

40 horas presenciais e 50 horas semipresenciais.

d) período de realização (início e término);

Atividades presenciais: de 28 de Agosto à 6 de Novembro de 2010.

Atividades semipresenciais: de 28 de Agosto de 2010 à 2 de Julho de 2011.

e) horário;

Horário das atividades presenciais: das 8:00 h às 18:00 h.

Horário das atividades não presenciais: Horário flexível.

f) vagas oferecidas;

90 vagas (supondo uma média de 30 vagas para cada modalidade).

g) mínimo e máximo de alunos por turma;

15, no mínimo, a 30, no máximo.

XIII - LOCAL(IS) DE REALIZAÇÃO DO CURSO, COM ENDEREÇOS COMPLETOS

Os cursos serão realizados na FEUSP – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, na USP, na Avenida da Universidade, 308, Cidade Universitária, São Paulo, SP.

XIV - CRITÉRIOS PARA INSCRIÇÃO E SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES.

Estaremos fazendo a divulgação dos cursos inicialmente através do site do NuPIC (Núcleo de Pesquisas em Inovações Curriculares) no endereço <http://nupic.incubadora.fapesp.br/portal>, onde os professores podem ter acesso as ementas dos cursos, duração, período, critérios de seleção e a ficha de inscrição. Foram adotados como critérios de seleção os pontos abaixo, em ordem de prioridade:

- i. Ser Professor Coordenador de Oficina Pedagógica de Física (PCOP);
- ii. Ser professor da Rede Pública;
- iii. Ser licenciado em Física;
- iv. Estar efetivamente ministrando aulas de Física.

Esta escala torna-se necessária, pois sabemos que, apesar de ideal, nem todas as Diretorias Regionais de Ensino têm PCOP's de Física. Os professores que irão participar dos cursos planejados na proposta terão perfil de multiplicadores, que possam repassar em suas diretorias as discussões feitas durante a formação no curso. O Professor Coordenador de Oficina Pedagógica (PCOP) da disciplina de Física possui exatamente esse perfil, trabalhando como coordenador da disciplina junto a diretoria. Caso a diretoria não tenha esse tipo de coordenador, um professor que tenha perfil bem próximo a esse será selecionado, com a seguinte preferência: PCOP de Ciências da Natureza e Matemática (pois terá maior facilidade de ser multiplicador); Professor de Física pertencente à DE (licenciado em física) que estejam ministrando aula na série e tenham disponibilidade de tempo; eventualmente professores de Física de outras DE's que queiram participar.

Formulário de Inscrição

Nome Completo:		
RG:		
CPF:		
Telefone 1:		
Telefone 2:		
E-mail:		
Licenciatura:		
PCOP (qual disciplina)		
Professor (séries que ministra aula)		
Nome da escola:		
Diretoria de ensino:		
Curso que pretende fazer:	1ª opção ☐ curso 1 – Tema 1; ☐ curso 2 – Tema 2; ☐ curso 3 – Tema 3.	2ª opção ☐ curso 1 – Tema 1; ☐ curso 2 – Tema 2; ☐ curso 3 – Tema 3.
Disciplina que ministra aula:		

Inscrições: No momento da inscrição é necessário o preenchimento do formulário que se encontra no site: <http://www.nupic.incubadora.fapesp.br/> e enviar para o e-mail: FMCcursoprof@gmail.com

I - Cursos de atualização:

40 horas presenciais + 50 horas semipresenciais.

Anexo 2

Tema 2: Linhas Espectrais

Ementa:

Este curso propõe uma abordagem investigativa para o estudo da natureza dual da luz e matéria. Com essa finalidade abordaremos o Eletromagnetismo e Óptica na física clássica propiciando discussões qualitativas sobre seus fundamentos e leis no domínio da física clássica. Será abordado o estudo da espectroscopia e do átomo de Bohr, culminando no estudo dos experimentos de difração da luz e elétrons, as semelhanças dos resultados que levaram à mudança de paradigma dos modelos ondulatórios da luz e corpuscular dos elétrons, servindo como um dos alicerces para a edificação da física quântica. Dessa forma, introduz-se o estudo da Física Moderna com a espectroscopia.

O objetivo é apresentar um material didático desenvolvido para uma sequência de aulas, discutindo com os participantes do curso a real viabilidade da discussão da natureza dual da luz e matéria e sua importância para o desenvolvimento da mecânica quântica. Serão apresentados alguns problemas encontrados em relação ao conteúdo tratado, as soluções propostas, assim como relatos dos resultados obtidos da aplicação em sala de aula de escolas públicas de São Paulo.

Além disso, este curso propõe-se a orientar a produção e implementação em sala de aula de uma Sequência Didática sobre o conteúdo de Física Moderna, abaixo detalhado. A Sequência Didática é pensada na forma de um módulo de ensino-aprendizagem contendo introdução, justificativa, proposta de aulas, propostas de avaliação e materiais complementares.

Conteúdos:

- ✓ Modelos na Ciência;
- ✓ Propriedades Elétricas e Magnéticas da Matéria;
- ✓ Campo Elétrico e Magnético;
- ✓ Campo Magnético e a Indução Eletromagnética;
- ✓ Fenômenos Ondulatórios da Luz;
- ✓ Espectroscopia;
- ✓ Átomo de Bohr;

- ✓ O Efeito Fotoelétrico;
- ✓ Dualidade Onda-Partícula.

Sequência Didática do Curso de Linhas Espectrais

Data	Aula	Momentos	Tempo
21 de agosto	Abertura	Apresentação	8:00 – 8:30
		Palestra Robillota	8:30 – 10:00
		Café	10:00 – 10:15
	Modelos na Ciência	Atividade da caixa preta - observação e Manuseio da Caixa Preta	10:15 – 10:40
		Elaboração de um esquema de funcionamento do mecanismo da caixa preta pelos professores	10:40 – 11:20
		Apresentação e Discussão da Validade dos Esquemas Propostos	11:20 – 12:00
	Almoço		
	Retomando as discussões...	Discussão da Atividade Proposta (entrega de textos, vídeo, questões) Texto: O que são Modelos? Vídeo: A Caixa Preta na Sala de Aula Questões	13:00 – 13:30
	Breve Discussão Sobre Campos: Elét, Magnét e Gravit	Apresentação do Roteiro para Investigações Acerca das Propriedades da Matéria (experiência dos pêndulos)	13:30 – 14:00
		Vídeo filmado pelo Wellington e Josias (atividade dos pêndulos)	14:00 – 14:20
		Representação de linhas de campo magnético (atividade prática) – Primeira parte com bússola e ímãs; segunda parte, ímãs e Bombril (idêntico ao da proposta da Secretaria da Educação)	14:20 – 14:50
		Apresentação e Leitura Parcial do Texto: Entrevista com o Elétron Apresentação da Simulação Computacional do LabVirt: sim_ondas_propagaçãoeletromag	14:50 – 15:00
	Café		
	Breve Discussão Sobre Campos: Elétrico, ...	Leitura do Texto: Um Passeio Pelos Campos	15:20 – 15:40
		Questões (Quadro para Sistematização dos Campos Elétrico, Magnético e Gravitacional)	15:40 – 16:00
	O Campo Eletromagnético e a Indução Eletromagnética	Realizar a experiência de Ørsted Vídeo: Exp. De Ørsted (10 s) Leitura do Texto: Interação Entre Eletricidade e Magnetismo	16:00 – 17:00

11 de setembro	O Campo Magnético e a Indução Eletromagnética	Realizar a experiência de Faraday	30 min
		Vídeo: Exp. De Faraday (10s)	
		Vídeo da TV Ontário: Eletromagnetismo	
		Leitura do Texto: Interação entre Eletricidade e Magnetismo (Recurso de Ensino 2, bloco V)	30 min
		Leitura e Discussão: Indução Eletrostática (Recurso de Ensino 4, bloco V)	30 min
	Café		
	O Campo Magnético e a Indução Eletromagnética	Vídeo: Motor Elétrico	90 min
		Construção do Motor Elétrico	
		Blindando o Campo Eletromagnético	
	Almoço		
	Luz e Cores	Observação da Caixa de Cores	40 min
		Mistura de Luzes	30 min
		Mistura de Pigmento	20 min
		Apresentação: Qual é a Cor da Cor	10 min
Café			
Luz e Cores	Questões	30 min	
	Texto (Leitura e Discussão): O Que é a Cor	60 min	
	Fotos dos Alunos Observando a Caixa de Cores	30 min	
25 de setembro	Explorando as Ondas Mecânicas e Eletromagnéticas	Questões Exploratórias	10 min
		Texto: Introdução ao Estudo das Ondas	30 min
		Vídeos com Molas	20 min

		Experiências de Interferência e Difração com Cuba de Água	20 min
		Ressonância com Régua e Pêndulo	20 min
		Apresentação: Ondas em Transparência	10 min
	Café		
	Explorando as Ondas Mecânicas e Eletromagnéticas	Vídeo: Fenômenos Ondulatórios da Luz	10 min
		Reflexão, Refração e Difração da Luz	60 min
		Texto: A Aceitação do Modelo Ondulatório para a Luz	50 min
		Questões	20 min
	Almoço		
	Espectroscopia	Construção do espectroscópio	45 min
		Observação da Luz Solar e de Espectros Diversos	45 min
	Café		
	Espectroscopia	Discussão Sobre as Observações e Diferenciação dos Espectros Contínuo e Discreto	20 min
		Texto: Espectroscópio	50 min
		Questões	10 min
		Vídeo: Maria Cristina (TV Escola)	10 min
		Fotos dos Alunos	20 min
25 de setembro	Astrônomo Mirim	Simulação: Linhas Espectrais na Sala de Informática (site da UFRGS)	20 min
		Atividade do Astrônomo Mirim	30 min
		Astrônomo Mirim em Flash	30 min
		Vídeo: Astrônomo Mirim	10 min

		Fotos dos Alunos	10 min
	Café		
	Átomo de Bohr	Texto: Modelo Atômico de Bohr: Retomando os Espectros de Emissão e Absorção	60 min
		Apresentação: O Átomo de Bohr	30 min
		Vídeo: O Átomo de Bohr	20 min
	Almoço		
	Átomo de Bohr	Questões e discussões	4h
06 de novembro	O Efeito fotoelétrico	Retomar a aceitação do modelo ondulatório para a luz	10 min
		Vídeo: A Ideia do Quantum	20 min
		Vídeo: Dr. Quantum - Fenda Dupla	20 min
		Texto: O Efeito Fotoelétrico	50 min
	Café		
	O Efeito Fotoelétrico	Questões, Correção e Discussão	40 min
		Simulação usando o PhET	40 min
	Almoço		
	Dualidade Onda-Partícula	Leitura do Texto: Teoria Corpuscular x Teoria Ondulatória da Luz	30 min
		Atividade: Pessoa-Fóton	30 min
		Apresentar Experiência de Mach-Zender	30 min
	Café		
	Dualidade Onda-Partícula	Apresentação do Interferômetro de Mach - Zender	30 min
		Questões, Correção e Discussão sobre a Natureza da Luz	30 min
		Encerramento do Curso	40 min

Anexo 3

Pedido de Autorização para Filmagem

Nome do solicitante: Wellington Batista de Sousa
--

Finalidade:

Coleta de dados para pesquisa de doutorado que versa sobre uma sequência de ensino investigativa (SEI) com tema Dualidade Onda-Partícula em aulas de física do Ensino Médio.

O projeto é um aprofundamento da pesquisa de mestrado desenvolvida pelo solicitante junto à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

Esclarecemos que todos os registros - escritos, de imagem ou de voz - serão utilizados exclusivamente para fins pedagógicos e de pesquisa em educação, não tendo quaisquer finalidades outras.

Ciente da Direção

Assinatura do Solicitante:

Data: ____/____/ 2012.

AUTORIZAÇÃO DOS PAIS/RESPONSÁVEIS

Eu _____ autorizo a filmagem das aulas de Física de meu (minha) filho(a) _____ do 3º Ano _____ do Ensino Médio.

Assinatura do Pai/Mãe ou Responsável

R.G. _____

Data: ____/____/____

Anexo 4

Roteiro da Atividade Investigativa sobre o efeito fotoelétrico

Participantes do grupo	Fernanda	n. 09
	Victor Vinícius	n. 26

Efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons por uma superfície quando é iluminada por uma luz. Vamos pensar na luz como uma onda e responde as seguintes perguntas, lembrando que a amplitude de uma luz tem a ver com a intensidade do seu brilho, ou seja, uma luz com maior amplitude corresponde a uma luz com brilho mais intenso ou mais forte:

1. Qualquer cor de luz poderia arrancar o elétron desde que tivesse uma intensidade adequada, pois a energia de uma onda está associada à sua intensidade e a cor da luz está associada à sua frequência? *Sim.*
2. A velocidade com que o elétron é expelido do material também varia de acordo com a amplitude, ou seja, se a intensidade é maior, o elétron recebe mais energia para ser convertida em energia cinética e com isso ele é expelido com maior velocidade? ***Quanto maior for a intensidade, o elétron recebe mais energia e assim é expelido mais rápido.***

Após responder essas perguntas, realize a experiência do efeito fotoelétrico para verificar se as expectativas acima se comprovam na prática. Para isso, utilize o simulador PhET. Vá executando os passos a seguir e anote os resultados:

1. Abra o simulador e anote o comprimento de onda mostrado, a cor da luz e o material que está revestindo o eletrodo. Ative a apresentação dos três gráficos. Observe que você pode fotografar as etapas à medida que você pode fotografar as etapas à medida que forem sendo executadas.
2. Selecione a caixa: mostre apenas elétrons mais energéticos.
3. Ajuste a intensidade para 20%. Descreva o que você observou e registre o valor de corrente indicado no amperímetro.
4. Mantendo a intensidade em 20%, aumenta o comprimento de onda da luz selecionando as diversas cores e observe o que acontece anotando os resultados na tabela a seguir:

COR	COMPRIMENTO DE ONDA	HOVE EMISSÃO DE ELÉTRONS	VALOR DA CORRENTE
AZUL	433 nm	Sim	0,015
VERDE	510 nm	Sim	0,001
AMARELA	577 nm	Não	0,000
VERMELHA	670 nm	Não	0,000

5. Caso tenha observado cores onde não ocorreu a emissão de elétrons, selecione novamente essas cores e aumente a intensidade da luz até que comece a ocorrer a emissão de elétrons. Anote o valor dessa intensidade.

COR	COMPRIMENTO DE ONDA	HOVE EMISSÃO DE ELÉTRONS	VALOR DA CORRENTE
AZUL	433 nm	Sim	0,015
VERDE	510 nm	Sim	0,001
AMARELA	577 nm	Não	0,000
VERMELHA	670 nm	Não	0,000

O que você pode concluir a respeito dessa etapa do experimento? *Observamos que quanto menor o comprimento de onda, maior é a frequência, e assim quanto maior a frequência maior a energia. Por isso que nas cores amarelas e vermelhas não expelam elétrons, por sua frequência ser baixa.*

6. Agora retorne a intensidade a 20% e selecione uma das cores onde ocorreu a emissão de elétrons. Aumente a intensidade de 20% em 20% até atingir o valor máximo e anote as observações.

COR	COMPRIM. DE ONDA	INTENS.	VALOR DA CORRENTE	QUANT. DE ELÉTRONS	VELOCIDADE DOS ELÉTRONS
AZUL	441 nm	20%	0,012	Aumentou	0:02:33
		40%	0,025	Aumentou	0:02:46
		60%	0,038	Aumentou	0:02:32
		80%	0,051	Aumentou	0:02:36
		100%	0,064	Aumentou	0:02:32

O que você conclui a respeito dessa etapa em relação ao aumento de intensidade da luz e a quantidade de elétrons? E em relação à suas velocidades? *Que com o aumento da intensidade da luz, a quantidade de elétrons aumentaram, porém, a velocidade não se alterou para cada valor de intensidade.*

7. Compare os resultados obtidos na experiência com os resultados esperados sobre o comportamento da luz como onda. *Agente esperava que quanto mais clara a luz, maior sua energia, porém, na experiência percebemos na verdade é a frequência que determina a elevação da energia.*

8. Qual a sua explicação para os resultados observados? Tente associar a energia para arrancar elétrons com as grandezas do experimento. *Quanto menor o comprimento de onda, maior a frequência e assim gera mais energia, onde os elétrons se expelam mais rápido; quanto maior a intensidade, maior o número de elétrons expelidos.*

Anexo 5

Partes da Entrevista Semiestruturada (ES)

Pesquisador: Qual a importância dos mapas conceituais no curso que você elaborou?

Professor: Os mapas conceituais foram muito importantes para a organização da minha sequência didática. No início, fiquei perdido no número de aulas e na quantidade de conceitos que iria trabalhar. Quando comecei a estruturar as coisas através dos mapas percebi que as coisas foram se ajustando. Pude então, perceber que os mapas colocaram uma ordem naquela minha desorganização mental. Continuo trabalhando com eles e tenho solicitado aos meus alunos que os utilizem. Tenho percebido que, assim como eu, meus alunos tem conseguido organizar melhor o seu conhecimento e, ao mesmo tempo, conseguido identificar as lacunas em suas ideias.

Pesquisador: Por que você desistiu de usar o roteiro?

Professor: Usei o roteiro para tentar adequar o tempo da atividade com o tempo da minha aula. Como já havia trabalhado com esses alunos outras atividades que faziam uso de simuladores, acreditei que dessa forma a coisa seria melhor conduzida. Mas percebi depois que isso foi tolhendo o meu aluno, pois alguns deles queriam ir além do que estava no roteiro e o melhor, sem fugir do assunto. Acredito que sem o roteiro a coisa poderia ir de uma forma mais investigativa e menos presa a um roteiro fechado onde temos que preencher lacunas. Especificamente nessa atividade o roteiro não foi, a meu ver, a melhor maneira de trabalhar com os alunos. Esse foi o motivo de eu tirá-lo na outra turma em que fiz a atividade.

Pesquisador: E as condições estruturais e os recursos do colégio ajudaram na aplicação da sequência didática?

Professor: Como a sala de informática na escola funciona razoavelmente bem, apesar de suas limitações físicas e tecnológicas, tenho usado alguns simuladores com os alunos. Por exemplo, o simulador de ondas do PhET funciona muito bem para apresentar os fenômenos ondulatórios. Assim, optei por usar o seu simulador do efeito fotoelétrico, pois esperava que os meninos conseguissem entender a forma como o fenômeno ocorria a partir dele. Outro detalhe é que os alunos gostam de usar a tecnologia. O computador faz parte da vida deles todo instante. Eles não largam o celular, o que dirá do computador. Foi uma experiência interessante o uso desse recurso nas aulas. Deu outra dinâmica para elas.

Pesquisador: Suas turmas parecem ter um jeito de se organizarem de forma autônoma. Você fez algo com elas? Explique um pouco.

Professor: Sempre tentei impor uma forma de trabalho nas minhas turmas, pois percebia que isso favorecia o aparecimento de um condicionamento em relação à maneira como queria que as aulas transcorressem. Não era um autoritarismo, mas uma maneira de fazer as coisas funcionarem minimamente e de forma organizada. Cansei de ver a bagunça rolar e ninguém fazer nada. As coisas ficaram mais organizadas dessa forma e os alunos entendem que tem um trabalho acontecendo e que podem aprender. Mas tem muita coisa ainda para melhorar.

Pesquisador: Você chegou a diagnosticar se os estudantes já conheciam algo sobre o efeito fotoelétrico?

Professor: Foi interessante perceber que a maioria dos alunos nunca tinha ouvido falar sobre aquilo, mas depois se interessaram em entender. Acho que a tecnologia do simulador ajudou a despertar o interesse, afinal eles usam o computador o tempo inteiro. Quando fiz o curso também tive essa mesma impressão a respeito da atividade. Ela me pareceu boa para usar em sala, mas fiz algumas modificações.

Pesquisador: Fale um pouco sobre o que lhe motivou a alterar a atividade do efeito fotoelétrico e o próprio roteiro.

Professor: Alterei a atividade e o roteiro, pois queria que meus alunos observassem o aspecto do fenômeno do efeito fotoelétrico. Queria que eles fossem capazes de perceber o que produzia o efeito. Não queria que eles simplesmente coletassem dados que fossem sem significado. Mas sei que tenho alunos que fazem isso. Não estão preocupados com os detalhes. Mas tenho também aqueles que conseguem enxergar o que outros não viram. Assim, as mudanças feitas, a meu ver, deram o resultado esperado. Acredito que as discussões foram boas, embora tenham no início sido bastante acanhadas. Não sei se eles ficaram envergonhados ou com um pé atrás por conta das câmeras.

Pesquisador: Por que deixou o uso do roteiro mais livre?

Professor: Como apliquei essa atividade em outras turmas que não participaram das gravações, fui percebendo esses detalhes. Alunos vinham me perguntar se era possível acrescentar outros aspectos no roteiro que não existiam lá. Esse número de alunos foi pequeno, mas me sinalizou para essa possibilidade. Resolvi então liberar para que eles pudessem acrescentar o que quisessem. Apareceram comentários interessantes. Entre eles, o de um aluno sobre a unidade de medida da corrente elétrica que não estava evidente no simulador. Até isso acabou aparecendo. Achei muito interessante.

Pesquisador: Você teve preocupação com o tempo da atividade para que coubesse no tempo da aula?

Professor: O roteiro que forneci aos estudantes na atividade do efeito fotoelétrico também era para ajudar na questão do tempo. Aliás, esse foi um dos maiores problemas na sequência. Como acertar as coisas para o tempo disponível. Acredito que para essa atividade, as três aulas foram o ideal. Deu para trabalhar bem desse jeito.

Pesquisador: E como os estudantes reagiram quando não tinham mais um roteiro?

Professor: Os estudantes mesmo sem o roteiro encontraram um caminho próprio para realizar a investigação, porém em um tempo um pouco maior. Ainda assim, as discussões se deram de uma forma muito interessante. Tenho a impressão de que foi melhor do que a turma que teve o roteiro.

Pesquisador: O que você achou desse tipo de atividade com uso de um simulador virtual?

Professor: Esse tipo de atividade é ideal para essa geração. Eles se envolvem, gostam de discutir quando de fato encontra algo que os instigue a isso. Como já tinha dito, acabei me cansando de ver os alunos apáticos e sem vontade para nada. Não que isso, de vez em quando, não aconteça, mas tenho percebido outro envolvimento deles durante as aulas dessa sequência. As atividades da sequência, acredito eu, têm favorecido esse tipo de postura e comportamento. Tem aluno de outra sala que quer fazer também.

Pesquisador: Você percebeu que a atividade estava adequada para sua execução, ou seja, ela estava bem elaborada na sua redação?

Professor: Na execução da atividade do efeito fotoelétrico tive que ajudar os alunos em alguns momentos. Alguns não entenderam de imediato o que deveria ser observado ou anotado. Faz parte da rotina do professor fornecer esse tipo de ajuda. Mas tentei não dar uma resposta pronta a nada. Fui tentando perguntar a eles o que achavam relevante no simulador naquele experimento. Aos poucos eles foram percebendo o que era importante.

Pesquisador: Como foi sua interferência no momento de ajudar um estudante no momento da realização da atividade do efeito fotoelétrico?

Professor: Alguns estudantes conseguiram executar a atividade do efeito fotoelétrico depois que eu disse para eles modificarem apenas uma variável, sem mexer nas outras. Não foram todos que me pediram ajuda, mas, os que pediram, conseguiram entender que essa seria uma das estratégias para a realização da atividade, embora outros estudantes tenham feito de uma forma diferente. Percebi que alguns testaram cada um dos controles até que conseguissem perceber a sua relevância no fenômeno.

Pesquisador: Que diferenças você percebeu entre o uso e o não uso do roteiro ao longo da atividade e as discussões posteriores?

Professor: Acredito que a atividade foi mais proveitosa nos casos em que não entreguei o roteiro escrito a ser seguido. A primeira classe que recebeu o roteiro realizou a atividade logo após a apresentação da explicação teórica sobre a experiência de Planck e o modelo atômico de Bohr. Foram detalhadamente orientados sobre o modo como deveriam realizar o experimento e o que deveriam observar. Isso não deixou espaço para que eles utilizassem a imaginação criativa. Embora eles tenham chegado a essa conclusão após seguirem o roteiro do experimento, no questionário final do módulo aplicado ao término de todas as atividades, os mesmos estudantes que elaboraram o comentário acima deixaram em branco as respostas às perguntas: “O que é o efeito fotoelétrico?” e “Resuma, nas suas palavras, qual é a natureza da luz.”, indicando que eles ainda necessitariam de mais algum tempo para assimilar e construir o seu próprio conhecimento.

Pesquisador: Qual a sua postura e a dos estudantes frente ao curso que você ministrou? O que lhe agradou e o que poderia ter melhorado?

Professor: Os estudantes tem potencial para produzirem, mas as vezes a pressa que impomos a eles acaba atrapalhando o processo do observar, pensar, refletir e se expressar com suas palavras. Sinto que pudei várias vezes meus estudantes pela simples preocupação com o meu tempo, esquecendo-me do tempo deles. No curso de formação vivenciei isso no papel de aluno, mas os professores agiram da forma como eu gostaria de ter agido. Quando tive um tempo maior para pensar sobre o que estava fazendo, consegui chegar a conclusões muito interessantes e com conteúdo. Tenho tentado na medida do possível manter essa mesma prática em outras situações. Tenho deixado os alunos pensarem. Alguns até relutam, mas depois percebem que ao pensarem, elaborarem hipóteses e colocarem elas em teste, ajuda no próprio entendimento daquilo que estão estudando. Não é fácil fazer isso. Tenho que ficar me policiando para não dar a resposta, principalmente pela questão do tempo que sempre está batendo a nossa parte. Na escola parece que tudo é muito corrido, mas poderia ser mais devagar para favorecer esse tipo de atitude dos professores e dos alunos.

Pesquisador: Como é a participação dos seus alunos nas aulas de física?

Professor: Não é fácil fazer os alunos participarem. Quando comecei a dar aula não percebia isso. Acreditava também que era bom para o aluno dar muito conteúdo. Minhas aulas eram muito conteudistas. Quando comecei a fazer os cursos na USP e em outros lugares fui percebendo que precisava dar a oportunidade para que os alunos falassem. Isso me custou tempo e paciência. Não estava acostumado com aquela forma de trabalhar. Parecia menos problemático fazer exercícios, mas tentar estabelecer um diálogo na sala de aula, com 35 ou 40 alunos, e adolescentes não tem sido uma tarefa das mais fáceis. Estou aprendendo aos poucos. Acredito que se tivesse feito uma licenciatura, talvez tivesse percebido isso com antecedência.

Pesquisador: O que acha do diálogo nas aulas? Qual a sua importância?

Professor: Percebi que embora seja mais trabalhoso tentar estabelecer um diálogo com eles, ao mesmo tempo isso permite que eles expressem de forma mais clara suas ideias e, ao mesmo tempo, sejam mais participativos, algo que eu reparei que não vinha acontecendo inicialmente nas minhas aulas quando comecei a lecionar. Quando eles não falavam parecia ser mais fácil, pois acreditava que eles tinham entendido tudo. Porém, fui percebendo que isso mais adiante atrapalhava o aproveitamento deles. Faltava uma interação maior minha para com eles e vice-versa. Era uma aula menos participativa e muito mais baseada na transmissão. Foi difícil reconhecer isso. Tive que aprender a fazer uma aula diferente.

Pesquisador: Qual a diferença entre dar aulas com conteúdos tradicionais e aulas com conteúdos de física moderna?

Professor: Dar aulas sobre conteúdos tradicionais da física já não é uma tarefa das mais fáceis. Quando comecei a trabalhar com conteúdos da física moderna percebi que era uma tarefa mais complicada ainda, principalmente pelo de fato de no meio de uma aula eu ter que me deparar com uma pergunta de um estudante e não saber como conduzi-la sem que eu sáísse do tema proposto para a aula, ou ainda, conseguisse retomar para aquilo que eu havia programado. Reconheço que fui pego de surpresa muitas vezes por meio de boas perguntas que meus alunos me fizeram, as quais mais tarde eu percebi que não estava preparado para respondê-las de uma forma adequada. Isso aos poucos foi se apresentando como uma necessidade de estudar e procurar uma capacitação ou algo que me permitisse reparar essas minhas falhas.

Pesquisador: Fale um pouco sobre sua formação e seu início no magistério.

Professor: Como não fiz uma licenciatura, comecei a lecionar matemática da maneira como aprendi. Quando comecei com as aulas de física, tentei fazer do mesmo jeito. Com o tempo fui percebendo que o retorno dos estudantes era pequeno em tudo, principalmente na interação, motivação e nas notas. Quando comecei a me preocupar com isso, vi que grande parte dessa situação estava relacionada com minha forma de trabalhar. Assim, tentei ir mudando algumas coisinhas aqui outas ali, e fui percebendo alguns resultados pontuais, mas que me alertaram para que eu continuasse nessa linha de mudanças. O que mais me atrapalhava eram as quantidades de aulas que eu tinha. Faltava um tempo maior para planejar e isso se tornou mais grave quando veio a nova proposta curricular de física. Quando comecei a perceber aquelas situações de aprendizagem e o que os estudantes teriam que fazer, percebi que teria que preparar as aulas melhor e me preparar também melhor para ministrá-las.

Pesquisador: Por que usou durante a explicação do efeito fotoelétrico uma analogia clássica?

Professor: Estava em casa separando materiais para jogar fora quando encontrei um livro antigo de física do Ramalho. Como estava preparando o material da sequência didática, separei ele para usar depois. Quando decidi usar o efeito fotoelétrico na sequência, tempos depois fui olhar esse livro e vi que no capítulo de circuitos elétricos, o Ramalho usava essa analogia para explicar a necessidade da força eletromotriz da bateria. Lembrei disso naquele momento e acabei usando para gerar aquela analogia. Parece-me que deu certo.

Pesquisador: O que tem a dizer sobre o curso de formação que fez na FEUSP?

Professor: O curso de formação foi adequado e de certa forma foi além do que eu esperava. Tive a oportunidade de manter contato com discussões sobre conteúdos da física que até então não havia tido em minha formação. Como não fiz uma licenciatura, percebo hoje mais claramente lacunas na minha formação que precisam ser preenchidas. Esse curso me propiciou preencher algumas delas. Assim, percebi que muitos dos fenômenos físicos presentes na física moderna precisam ser mais bem estudados por mim e por qualquer professor que se aventure na difícil tarefa de explicá-la na sala de aula, pois são tantas variáveis envolvidas que corremos o risco de nos atrapalharmos com elas no meio de uma discussão. O efeito fotoelétrico é um exemplo disso, sua explicação está baseada em uma interação entre luz e metal que precisa de uma analogia para ser mais bem compreendida em minha opinião. Foi o que eu tentei usar na minha exposição aos alunos na aula da explicação do fenômeno. Tentei adaptar a explicação para termos mais simples e que fizessem sentido para eles. Acredito que a analogia tenha surtido bons resultados, afinal, alimentou boas discussões e participação dos alunos.

Pesquisador: O que acha da atividade do efeito fotoelétrico usando o simulador virtual em termos de recurso pedagógico?

Professor: A atividade, embora seja virtual, é bastante lúdica e consegue colocar os alunos diante de um problema que precisa ser resolvido. Mesmo para os alunos que não tinham o hábito de se envolverem tanto nas aulas, a atividade acabou propiciando um momento para que eles conseguissem se expor do seu jeito. Precisei estudar antes, para entender como faria essa discussão com os alunos. Na formação parecia mais fácil para os docentes. Na sala de aula a coisa nem sempre é tão amistosa. O professor precisa saber fazer as perguntas para dar o pontapé inicial da discussão. Ainda assim, mesmo com tantas preocupações, já aconteceu inúmeras vezes de a coisa sair de um jeito que eu não queria. Logo, o professor precisa estar preparado. Na formação conversamos sobre isso. Os colegas da formação disseram, muitas vezes, que temiam por não saber como conduzir a discussão, principalmente por não dominarem plenamente o conteúdo. Tive o mesmo sentimento em certos momentos. Mas, no meu caso, entendo que me faltou uma formação inicial mais sólida.

Pesquisador: Sua formação inicial em engenharia te ajudou quando começou a lecionar?

Professor: Percebi, ao começar a dar aula, que minha formação em engenharia talvez me desse o domínio sobre certos conteúdos, mas não o domínio da melhor maneira de levá-los para a sala de aula. Enquanto trabalhei da forma tradicional a coisa até que funcionou bem. Quando resolvi mudar para que meus alunos também mudassem, comecei a ter dificuldades. Reconheci com o tempo que precisava de uma formação complementar, algo que me desse uma bagagem para lidar com essa nova perspectiva de ensinar.

Pesquisador: Você recomendaria a atividade do efeito fotoelétrico a outros colegas professores?

Professor: Acredito que a atividade da forma como ela ficou, acabou se tornando uma atividade que outros colegas poderiam usar em suas respectivas escolas. Um professor do colégio onde eu trabalho já aplicou essa mesma atividade e me relatou que ela foi muito bem aceita pelos alunos. Assim, acredito eu, que ela esteja adequada para os alunos do Ensino Médio. O que mais me agrada é que ela coloca os alunos para trabalhar, pensar e o melhor de tudo, exporem suas ideias, o que nem sempre acontecia em minhas aulas. [...] reconheço que nem todos os temas eu consigo trabalhar assim. Preciso de tempo para fazer as adaptações necessárias, mas estou tentando. Acredito que o curso de formação me propiciou isso essa forma diferente de ensinar ciências, mas dá muito trabalho. Porém, tenho tentado criar coisas novas e que atraiam os alunos e os façam pensar, escrever, opinar.