

Sérgio Choiti Yamazaki

**TRADIÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA EM MANUAIS DE ENSINO
SUPERIOR**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Educação Científica e Tecnológica
Orientador: Prof. Dr. José André Peres Angotti
Coorientador: Prof. Dr. Demétrio Delizoicov

Florianópolis
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Yamazaki, Sérgio Choiti
Tradição do Ensino de Física em Manuais de Ensino
Superior / Sérgio Choiti Yamazaki ; orientador, José André
Peres Angotti ; coorientador, Demétrio Delizoicov. -
Florianópolis, SC, 2015.
278 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas.
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

Inclui referências

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Manual de Física .
3. Didática da Ciência. 4. Epistemologia. 5. Metodologias
de Ensino. I. Angotti, José André Peres. II. Delizoicov,
Demétrio . III. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.
IV. Título.

comparação da equação de Clapeyron em livros de Física e Química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 3, p. 601-620, 2013.

ZANETIC, João. Física ainda é cultura! In: MARTINS, A. F. **Física ainda é cultura?** São Paulo: Livraria de Física, 2009.

ZANETIC, João. Física e cultura. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 3, p. 21-24. 2005.

ZANETIC, João. **Física também é cultura**. São Paulo, 1989. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo/SP, 1989.

ZANETIC, João; MOZENA, Erika Regina. **Evolução dos Conceitos da Física**. Notas de Aula. 2ª parte: alguns tópicos de história da física (v. 2). Impressão do Instituto de Física, USP, 2007.

ZHAI, Junqing; JOCZ, Jennifer Ann; TAN, Aik-Ling. ‘Am I Like a Scientist?’: Primary children's images of doing science in school, **International Journal of Science Education**, 2013.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE DOUTORADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA

“Tradição do Ensino de Física em Manuais de Ensino Superior”

Tese submetida ao Colegiado do Curso de Doutorado em Educação Científica e Tecnológica em cumprimento parcial para a obtenção do título de Doutor em Educação Científica e Tecnológica

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 13 de fevereiro de 2015

José André Peres Angotti (Orientador - PPGET/UFSC)

Demétrio Delizoicov (Co-orientador - PPGET/UFSC)

João Zanetic (Examinador - USP)

Sérgio de Mello Arruda (Examinador - UEL)

Fernando César Ferreira (Examinador - UFGD)

Tatiana da Silva (Examinadora - UFSC)

Maria Beatriz Fagundes (Examinador - UFABC)

Fábio Peres Gonçalves (Suplente - UFSC)

José Francisco Custódio Filho (Suplente - UFSC)

Carlos Alberto Marques
Coordenador do PPGET

SÉRGIO CHOITI YAMAZAKI
Florianópolis, Santa Catarina, 2014

WEINBERG, Steven. **Os três primeiros minutos: uma discussão moderna sobre a origem do universo**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980.162p.

YAMAZAKI, Sérgio Choiti. **As resistências para compreensão da Teoria da Relatividade Especial**. São Paulo, 1998. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 1998.

YAMAZAKI, Sérgio Choiti; CRUZ, CRUZ, Frederico Firmo de Souza; CRUZ, Sonia Maria Correa de Souza. In: **XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF**. São Paulo: USP, 2013. Atas...

ZANOTELLO, Marcelo; FAGUNDES, Maria Beatriz. Ensino de Física Moderna e Contemporânea: análise de uma disciplina para ingressantes na educação superior. **Educação: Teoria e Prática**, v. 22, n. 40, 2012.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física 1: Mecânica**. Original: Sears and Zemansky's university physics. 12ª edição. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Sears e Zemansky – Física I: Mecânica**. 12ª edição. São Paulo: Addison Wesley, 2008. 388p.

ZAMBIASI, J. L. Do racional-positivismo ao construcionismo científico. In: P. M, Marini (Ed.). **Ensino de Ciências: Pesquisas e Reflexões**. p.68-83. Ribeirão Preto: Holos, 2006.

ZAMBON, Luciana Bagolin; PICCINI, Ingrid Pereira; TERRAZZAN, Eduardo A. Comparando a utilização de analogias em livros didáticos para a Educação em Ciências. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis: UFSC, p. 1-12, nov. de 2009.

ZAN, Rosetta; BROWN, Laurinda; EVANS, Jeff.; HANNULA, Markku S. Affect in Mathematics Education: an introduction. Special Issue of Educational Studies in Mathematics. In: https://eprints.mdx.ac.uk/1701/1/Evans-AFFECT_IN_MATHEMATICS_EDUCATION.pdf. Acessado em 11/11/2013.

ZANARDI, Danilo Claro; KNEUBIL, Fabiana Botelho; PEREIRA, Vanessa Sanches. Organização praxeológica de saberes escolares: uma

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para cientistas e engenheiros: volume 1 – Mecânica, Oscilações e Ondas**. 6ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 788p.

TOMAZI, Aline Luiza; PEREIRA, Aline Julyê; SCHÜLER, Cristiane Müller; PISKE, Karin; TOMIO, Daniela. O que é e quem faz ciência? Imagem sobre a atividade científica divulgadas em filmes de animação infantil. **Ensaio – Pesq. Educ. Ciênc.**, v. 11, n. 2, p. 1-19, 2009.

TULIP, D.; COOK, A. A. Comparison of author intentions and student perceptions about textbook characteristic. **Research in Science Education**, v. 21, p. 313-319, 1991.

VAN EIJCK, Michiel; HSU, Pei-Ling; ROTH, Wolff-Michael. Translations of Scientific Practice to "Students' Images of Science". **Science Education**, v. 93, n. 4, p. 611-634, 2009.

VERÓNICA, Parra; OTERO, Maria Rita. Praxeologias Didacticas en la Universidad: Un estudio de caso relativo al Limite y Continuidad de funciones. **ZETETIKÉ – Cempem – FE – Unicamp – v. 17, n. 31 – jan/jun – 2009**.

VIANA, Deise Miranda. Uma disciplina integradora: instrumentação para o ensino. **Perspectiva**, v. 17, p. 59-66, 1992.

VILAS BOAS, Anderson; SILVA, Marcos Rodrigues; PASSOS, Marinez Meneghello; ARRUDA, Sérgio de Mello. História da Ciência e Natureza da Ciência: debates e consensos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 287-322, 2013.

VILLANI, Alberto; Marisa FRANZONI; VALADARES, Juarez M. Desenvolvimento de um grupo de licenciandos numa disciplina de Prática de Ensino de Física e Biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 2, p. 143-168, 2008.

VILLANI, Alberto; BAROLLI, Elisabeth; CABRAL, Tânia C. B.; FAGUNDES, Maria B.; YAMAZAKI, Sérgio C. Filosofia da Ciência, História da Ciência e Psicanálise: analogias para o ensino de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 14, n. 1, p. 37-55, 1997.

WATERS, A. E. *et al.* Bayesian pairwise collaboration detection in educational datasets. Austin, USA: *Proceedings of the Global Conference on Signal and Information Processing (GlobalSIP)*, dez. 2013.

DEDICATÓRIA

Dedico esta Tese à Regiani, mais que esposa, amante, amiga, companheira... no trabalho e na vida.

Dedico esta Tese à Isabela, à Carolina, minhas filhas, que me fizeram conhecer um amor incondicional.

Dedico esta Tese à minha mãe pelo total apoio sempre.

AGRADECIMENTOS

Neste final de percurso, quero agradecer a todos aqueles que deram suas contribuições às minhas reflexões. Dentre estes, os professores Arden Zylbersztajn, José de Pinho Alves, Elio Carlos Ricardo e José Francisco Custódio. Quero dar um agradecimento especial ao Prof. Carlos Alberto Marques (Bebeto), pelo apoio na finalização da tese. Também agradeço à banca de defesa da tese, pelos relevantes apontamentos e críticas ao trabalho. Quero compartilhar com os colegas do doutorado esta felicidade, colegas que em alguns momentos estiveram presentes no decorrer deste trabalho, em especial o Marcelo Lambach, o Everaldo Silveira, a Selma dos Santos Rosa, a Karine Raquiel Halmenschlager, o Elizandro Maurício Brick, o André Ary Leonel, a Carolina dos Santos Fernandes, a Marinês Domingues Cordeiro, a Rafaela Samagaia Lamy-Peronnet, a Patrícia Barbosa Pereira, o Fábio André Sangiogo, a Sandra Husnche. Quero agradecer aos valiosos ensinamentos e à atenta mediação, em alguns momentos frágeis da pesquisa, do Prof. Demétrio, auxílio indispensável à pesquisa. Na mesma medida, agradeço ao meu orientador Prof. Angotti que não somente soube mostrar os caminhos possíveis, mas principalmente mostrou como ninguém como conduzir um projeto, seja do ponto de vista técnico, seja levantando a bola e dando segurança para mantê-la em seu caminho, como ele diz, *sempre em frente!*

Agradeço a toda minha família de Presidente Prudente pelo inestimável apoio durante esses anos, irmãs, cunhados, sobrinhas e sobrinhos; em especial à minha mãe, não caberia aqui, em palavras, o quanto foi importante nessa jornada. Infelizmente, meu pai não está mais conosco, mas devo a ele os *primeiros incentivos...*

Quero agradecer à Regiani, pelas acaloradas discussões; à Isabela, que compreendeu que precisava vivenciar uma ruptura em sua vida na cidade natal; e à Carolina, Tutuzinha, Tutinha, que veio para nos alegrar... nas idas e vindas da universidade.

Agradeço também à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), que permitiu meu afastamento para o doutoramento.

Agradeço à FUNDECT e à FAPESC, pelas bolsas concedidas em distintos momentos do doutoramento.

Finalmente, agradeço à UFSC; ao PPGECT/UFSC, que permitiu o desenvolvimento desta pesquisa.

metodologia da mediação dialética. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, 3401(1-8), 2013.

SIQUEIRA, Denise da Costa Oliveira. O cientista na animação televisiva: discurso, poder e representações sociais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 131-148, 2006.

SNOW, Charles Percy. **As duas culturas e uma segunda leitura**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995. 128p.

SNYDERS, G. A. **Alegria na escola**. São Paulo: Manole, 1988.

SOUZA, Henderson Tavares; MADUREIRA, José Roberto; SOUZA, Erik Alonso Araya. A Computação em Nuvem na Educação: Recursos da *Khan Academy* Aplicados para o Ensino da Matemática na Escola Pública. In: **II Simpósio de Inovação Tecnológica na Educação**. Campinas, SP, 26 e 27/08 de 2013.

SOUZA, Karina Aparecida de Freitas Dias; PORTO, Paulo Alves. Educação Superior em Química entre texto e imagem: tendências de ensino a partir de livros didáticos de 1900 a 1939. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis: UFSC, p. 1-13, nov. de 2009.

SOUZA, Roseli Ovale; ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira. Intervenção visando a ressignificação de pré-concepções estudantis e estímulo ao engajamento às áreas científicas. In: **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, nov. 2007.

TAUCEDA, Karen Cavalcanti; NUNES, Vladimir Magdaleno; DEL PINO, José Cláudio. O livro didático e as representações mentais de Bioquímica e Biofísica em alunos do Ensino Médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 6, n. 1, p. 57-68, 2011.

TAVARES, Leandro Henrique Wesolowski. Possibilidades de deformação conceitual nos livros didáticos de Química brasileiros: o conceito de substância. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, V. 8, N. 3, p. 1004-1018, 2009.

ROSA, Daniela Corrêa; ROSSETTO, Gislaïne A. R. da Silva; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. Educação em Ciências na Pré-Escola: implicações para a formação de professores. **Educação – Revista do Centro de Educação da UFSM**, v. 28, n. 1, p. 85-92, 2003.

SHULMAN, Lee S. Conocimiento y Enseñanza: fundamentos de la nueva reforma. **Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado**, v. 9, n. 2, p. 1-30, 2005.

SILVA, Luciano F.; CARVALHO, Luiz M. de. Professores de Física em formação inicial: o ensino de física, a abordagem CTS e os temas controversos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 1, p. 135-148, 2009.

SILVA, Dayse Carvalho; QUADROS, Ana Luiza; AMARAL, Luiz Otávio Fagundes. Os metais e a ligação metálica na dinâmica dos livros didáticos. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis: UFSC, p. 1-12, nov. de 2009.

SILVA, José Luis P. B.; CUNHA, Maria Bernadete de Melo. O modelo atômico quântico em livros didáticos de Química para o Ensino Médio. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis: UFSC, p. 1-10, nov. de 2009.

SILVA, Lenice Heloísa de Arruda; FERREIRA, Fernando César. A importância da reflexão compartilhada no processo de evolução conceitual de professores de ciências sobre seu papel na mediação do conhecimento no contexto escolar. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 2, p. 425-438, 2013.

SILVA, Geraldo José; MARTINS, Carmen M. De Caro. Epistemologia, argumentação e explicação na sequência didática de um livro de Química. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis: UFSC, p. 1-13, nov. de 2009a.

SILVA, Geraldo José; MARTINS, Carmen M. De Caro. Epistemologia, argumentação e explicação na sequência didática de um livro de Química. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis: UFSC, p. 1-13, nov. de 2009b.

SILVA, Cláudia Adriana de Sousa; MARTINS, Maria Inês. Analogias e Metáforas nos livros didáticos de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 2, p. 255-287, ago. 2010.

SILVA, Tatiana. Um jeito de fazer hipermídia para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial, p. 864-890, 2012.

SILVEIRA JUNIOR, Pedro Belchior; ARNONI, Maria Eliza Brefere. Física dos anos iniciais: estudo sobre a queda livre dos corpos através da

RESUMO

Nesta pesquisa, buscou-se investigar a estrutura didática de livros textos de Física Básica do Ensino Superior, ou manuais de Física Básica, por meio de análise detalhada de exemplares significativos, com o objetivo de identificar e debater uma tradição do ensino desta disciplina. Quatro dos manuais mais citados em Projetos Político-Pedagógicos (PPPs) de cursos de Física do país e em alguns cursos do exterior foram considerados para análise. Não obstante, foi destacado o manual mais citado nos PPPs, o livro Fundamentos de Física, de Halliday, Resnick e Walker. Para a coleta de dados, foi escolhida e utilizada a praxeologia definida na Teoria Antropológica do Didático, fundamentada principalmente na obra “Estudar Matemáticas: o elo perdido entre o ensino e a aprendizagem”, de Chevallard, Bosch e Gascón. Apontam-se na disposição dos elementos nos manuais de Física uma estrutura singular permeada por um ensino que leva a compreensões deslocadas daquelas que têm sido enfatizadas na literatura da educação científica. Em contraposição à estrutura didática privilegiada, dois exemplares de manuais de Física são destacados – a obra Understanding Physics, de Cassidy, Holton e Rutherford, e o volume 1 de Feynman, Leighton e Sands, da coleção Lectures on Physics –, e dois saberes de referência, os três momentos pedagógicos (DELIZOICOV, 1982) e os conceitos unificadores (ANGOTTI, 1991). São apontadas algumas possíveis consequências de caráter epistemológico – para o qual foram considerados autores como Bachelard e Fleck – e didático-pedagógico no contexto da formação inicial de professores. Mudanças na estrutura e na dinâmica dos manuais de Física são sinalizadas tendo em vista a formação de um sujeito crítico e reflexivo congruente com as concepções da epistemologia contemporânea. Modificações didático-pedagógicas são propostas a fim de enfatizar um modelo de ensino sustentado em considerações interacionistas, entre sujeito, objeto e saber, que apontam para o conhecimento enquanto uma construção do sujeito cognoscente-afetivo.

Palavras-chave: 1. Manual de Física. 2. Didática da Ciência. 3. Epistemologia. 4. Metodologias de Ensino. 5. História da Ciência.

RUGGIERI, R.; TARSITANI, C.; VICENTINI, M. (1993). The images of science of teachers in latin countries. **International Journal of Science Education**, v. 15, n. 4, p. 383-393, 1993.

SALÉM, Sonia. **Estruturas conceituais no Ensino de Física: uma aplicação à eletrostática**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) São Paulo: Faculdade de Educação e Instituto de Física, USP, 1986.

SALES, Adeline Brito; LANDIM, Myrna Friederichs. Análise da abordagem da flora nativa em livros didáticos de Biologia usados em escolas de Aracajú – SE. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p.17-29, 2009.

SAMANIEGO, Luis Elias Q. O positivismo e as ciências físico-matemáticas no Brasil. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 11, n. 2, p. 105-114, 1994.

SANTOS, Vanessa Carvalho; EL-HANI, Charbel Niño. Idéias sobre genes em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio publicados no Brasil. **Revista Brasileira de pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, p. 1-23, 2009.

SCHAFF, Adam. **História e Verdade**. 6ª edição. São Paulo: Martins Fontes, 1995. 317p.

SCORTEGAGNA, Liamara; SILVEIRA, Luis Felipe. Massive Open Online Course (MOOC) na Educação Matemática: Possibilidades. **Atas do XXV Seminário de Investigação em Educação Matemática**. Braga: APM, p. 449–452, 2014.

SELLES, Sandra Escovedo; FERREIRA, Marcia Serra. Influências histórico-culturais nas representações sobre as estações do ano em livros didáticos de ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 1, p. 101-110, 2004.

SENICIATO, Tatiana; SILVA, Patrícia Gomes Pinheiro; CAVASSAN, Osmar. Construindo valores estéticos nas aulas de ciências desenvolvidas em ambientes naturais. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 2, p. 97-109, 2006.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT Jr., John W. **Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics**. 8ª edição. USA: Brooks/Cole, Cengage Learning, 2010. 1558p.

RICARDO, Elio Carlos. Discussão acerca do ensino por competências: problemas e alternativas. **Cadernos de Pesquisa**, v. 40, n. 140, p. 605-628, maio/ago. 2010.

RIEDO, Cássio Ricardo F *et al.* O desenvolvimento de um MOOC de Educação Geral voltado para a formação continuada de professores : uma breve análise de aspectos tecnológicos , econômicos, sociais e pedagógicos. In: **Simpósio Internacional de Educação à Distância** (SIED). São Carlos: UFSCar, 15 a 26 de setembro 2014.

ROBILOTTA, Manoel Roberto. **Construção e Realidade no Ensino de Física**. Textos para disciplina de curso de pós-graduação. São Paulo: USP, 1994.

ROBILOTTA, Manoel Roberto. O cinza, o branco e o preto – da relevância da história da ciência no ensino de física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 5, n, especial, p. 7-22, 1988.

RODRIGUES, Phamilla Gracielli Sousa; YAMAZAKI, Sérgio Choiti. Trabalhando a ideia de um cientista tendo como base a figura de Albert Einstein. In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2009**. Vitória, ES: Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), 26 a 30 de jan 2009.

RODRIGUES, Marciel Elio; JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. O conteúdo de Sistemática e Filogenética em livros didáticos do Ensino Médio. **Revista Ensaio**, v. 13, n. 2, p. 65-84, 2011.

ROSA, Marcelo D'Aquino; MOHR, Adriana. Os fungos na escola: análise dos conteúdos de micologia em livros didáticos do Ensino Fundamental de Florianópolis. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 3, p. 95-102, 2010.

ROSA, Sandra Regina Gimenez; SILVA, Marcos Rodrigues. A História da Ciência nos Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio: uma análise do conteúdo sobre o episódio da transformação bacteriana. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 2, p.59-78, jul. 2010.

ROSSINI, Renata. **Saberes docentes sobre o tema função**: uma investigação sobre as praxeologias. Tese (Doutorado em Educação Matemática). 384f. Pontifícia Universidade Católica, PUC/São Paulo, 2006.

ABSTRACT

In this research, the aim was to investigate the didactic structure of basic books of Higher Education Physics, or Basic Physics manuals, through detailed analysis of significant examples, in order to identify and discuss a teaching tradition of these disciplines. Four of the most cited books in political-pedagogical projects (PPPs) in the country physics courses and some outside were considered for analysis. Nevertheless, it was highlighted the most cited manual in PPPs, the book *Fundamentals of Physics*, Halliday, Resnick and Walker. To survey research data, it was chosen and used praxeology defined in *Anthropological Theory of Didactic*, based mainly in the book "Studying Mathematics: the missing link between teaching and learning" by Chevallard, Bosch and Gascón. It is pointed out in the arrangement of elements in the manuals of Physics, a unique structure permeated by an education that leads to different understandings of those who have been emphasized in the science education literature. In contrast to the privileged didactic structure, two works of physics are highlighted - *Understanding Physics*, Cassidy, Holton and Rutherford, and volume 1 of Feynman, Leighton and Sands, the collection *Lectures on Physics* - as well as two reference knowledge known as the Three Pedagogical Moments (DELIZOICOV, 1982) and the Unifying Concepts (ANGOTTI, 1991). Analyzes point to possible epistemological consequences - for which were considered authors like Bachelard and Fleck - and didactic and pedagogical factors in the context of initial teacher training. Changes in the structure and dynamics of Physical manuals are signaled with a view to forming a critical and reflective subject congruent with the concepts of contemporary epistemology. Didactic and pedagogical changes are proposed in order to emphasize a teaching model that is based on interactionists considerations of subject, object and knowledge, pointing to the knowledge as a construction of the cognitive-affective subject.

Keywords: 1. Manual of Physics. 2. Didactics of Science. 3. Epistemology. 4. Teaching Methods. 5. History of Science.

FIGURAS

Figura 1.1 – Esquema: Vínculos entre Instâncias Esperadas da Formação Docente	48
Figura 1.2 – Esquema: Vínculos e Rupturas entre Instâncias da Formação Docente: o manual como objeto de pesquisa	48
Figura 2.1 – Tabela: Bibliografia Básica de Disciplinas do Ciclo Básico	66
Figura 2.2 – Tabela: Bibliografia de Disciplinas do Ciclo Básico	67
Figura 2.3 – Gráfico: Bibliografia de Disciplinas do Ciclo Básico	67

OLIVEIRA, Sheila Rodrigues. As práticas educativas e seus personagens na visão de estudantes recém-ingressados nos cursos de química e biologia. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 2, 2010, 293-308.

QUADROS, Ana Luiza de; PASCHOAL, Fabiano N.; BOUÇAS, Janaina G.; BORGES, Kileme V.; RIBEIRO, Marcos V.; DIONÍSIO, Sarah C. L. As aulas dos professores: um olhar para a prática de cada um. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 6, n. 1, 2006.

QUADROS, Ana Luiza de; CARVALHO, Emerson; COELHO, Flávia dos Santos; SALVIANO, Luciana; GOMES, Maria Fernanda P. A.; MENDONÇA, Paula Cristina; BARBOSA, Rosemary Karla. Os professores que tivemos e a formação da nossa identidade como docentes: um encontro com a nossa memória. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2005.

QUÍLEZ, Juan. Análisis de los errores que presentan los libros de texto universitarios de química general al tratar la energía libre de Gibbs. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 27, n. 3, p. 317-330, 2009.

RAMÍREZ, Jorge Eliécer Moreno; BADILLO, Rómulo Gallego; MIRANDA, Royman Pérez. El Modelo Semicuántico de Bohr en los libros de texto. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 3, p. 611-629, 2010.

RAMOS, Fernanda Peres; NEVES, Marcos Cesar Danhoni; CORAZZA, Maria Julia. A ciência moderna e as concepções contemporâneas em discursos de professores-pesquisadores: entre rupturas e a continuidade. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 1, p. 84-108, 2011.

REIS, Diogo Alves de Faria; FRADE, Cristina de Castro. Enculturação e Aculuturação Matemática: um estudo destes processos em termos da dimensão afetiva que permeia a aprendizagem em sala de aula. In: <http://www.fae.ufmg.br/ebapem/completos/03-04.pdf>. Acessado em 11/11/2013.

REZENDE, Flavia. Dynamics of identity in the academic field and implications to science students identity formation. **Cultural Studies of Science Education**, v. 6, p. 187-192, 2011.

RIBEIRO, Ruth Marina Lemos; MARTINS, Isabel. O potencial das narrativas como recurso para o ensino de ciências: uma análise em livros didáticos de física. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 3, p. 293-309, 2007.

PIASSI, Luís Paulo; SANTOS, Emerson Izidoro; VIEIRA, Rui Manoel de Bastos; FERREIRA, Norberto Cardoso. O discurso ideológico sobre Aristóteles nos livros didáticos de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 2, p. 1-19, 2009.

PIERSON, A. H. C. **O cotidiano e a busca de sentido para o ensino de física**. 1997. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PIETROCOLA, Maurício. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 19, n. 1, p. 89-109, 2002.

PIETROCOLA, Maurício. Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 213-227, 1999.

PINHO ALVES FILHO, José. Regras da Transposição Didática aplicadas ao Laboratório Didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 44-58, ago. 2000.

PINHO-ALVES, J.; PINHEIRO, T. F.; PIETROCOLA, M. A eletrostática como exemplo de transposição didática. In: PIETROCOLA, M. (ORG). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PÓVOA, Angela Cristiane Santos; GOUVEA, Ricardo Quadros; BATAGLIA, Walter; TEIXEIRA, Maria Luisa Mendes. Paradigma Positivista: As Diferentes Faces de um Ilustre Desconhecido. In: **VII Encontro de Estudos Organizacionais da ANPAD**. Curitiba, PR: 20 a 22 de maio, p. 1-16, 2012.

PREGNOLATTO, Yukimi Horigoshi. Ensino de Física e a apropriação do conhecimento físico. **Ideação**, n. 3, p. 35-49, 1999.

PRIMO, Alex. O aspecto relacional das interações na Web 2.0. **E-Compós** (Brasília), v. 9, p. 1-21, 2007 .

PRO CHEREGUINI, Carlos; PRO BUENO, Antonio. ¿Qué estamos enseñando con los libros de texto? La electricidad y la electrónica de Tecnología en 3º ESO. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 149-170, 2011.

QUADROS, Ana Luiza de; SILVA, Dayse Carvalho da; ANDRADE, Frank Pereira de; SILVA, Gilson de Freitas; ALEME, Helga Gabriela;

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
PROBLEMA E JUSTIFICATIVA	15
ORIENTAÇÕES EDUCACIONAIS COMPLEMENTARES AOS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO MÉDIO E AS DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DA EDUCAÇÃO BÁSICA	15
CONCEPÇÕES ADQUIRIDAS PELA VIVÊNCIA NAS ESCOLAS	19
CONSIDERAÇÕES SOBRE QUESTÕES DIDÁTICO-PEDAGÓGICAS NAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO UNIVERSITÁRIO	24
A CULTURA DE ORIGEM	29
A CULTURA DOS FÍSICOS	33
OS MANUAIS DE FÍSICA	41
TRADIÇÃO DIDÁTICA DA FÍSICA, PARÂMETROS E DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS, LDBEN, E PESQUISAS EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: CONGRUÊNCIAS OU INCONGRUÊNCIAS? ...	47
CAPÍTULO 1	50
1 LIVRO DIDÁTICO: FORMADOR DE PENSAMENTOS E AÇÕES	50
1.1 ARRANJO E (ERROS CONCEITUAIS)	57
1.2 ARRANJO A (ACRITICIDADE)	57
1.3 ARRANJO P (QUESTÕES DE ORDEM PEDAGÓGICA) ...	58
1.4 ARRANJO I (IDEOLOGIA)	59
1.5 ARRANJO H (CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA)	60
1.6 ARRANJO T (ESTRUTURA)	61
1.7 ARRANJO INDEFINIDO	61

1.8 A FORMAÇÃO DO PROFESSOR PELO LIVRO DIDÁTICO	62
CAPÍTULO 2.....	65
2 METODOLOGIA DA PESQUISA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	65
2.1 TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO (TAD): APROFUNDAMENTOS TEÓRICOS	71
2.2 OS MOMENTOS DIDÁTICOS	75
2.3 SABERES DE REFERÊNCIA	83
2.4 SOBRE OS EXEMPLARES	91
2.5 SABERES DE REFERÊNCIA E EXEMPLARES	94
CAPÍTULO 3.....	100
3 ANÁLISE DOS DADOS: PRAXEOLOGIA E PRODUÇÃO DE FENÔMENOS DIDÁTICOS	100
3.1 SOBRE A INTRODUÇÃO AOS CAPÍTULOS DOS MANUAIS: COMO A CIÊNCIA É CARACTERIZADA?	100
3.2 A INTRODUÇÃO EM UMA OBRA HUMANA: REFLEXÃO EM TORNO DA TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO	101
3.3 REFLEXÃO EM TORNO DE OUTRAS REFERÊNCIAS TEÓRICAS: “QUAL É O PROBLEMA?”.....	103
3.4 SOBRE GÊNERO DE TAREFAS, TÉCNICAS, TECNOLOGIAS E TEORIAS NOS MANUAIS	106
3.4.1 Os gêneros de tarefas encontrados na leitura dos textos	106
3.5 SOBRE A ANÁLISE PRAXEOLÓGICA	108
3.5.1 Tipos de tarefas	108
3.5.2 Técnicas	108
3.5.3 Tecnologias	110
3.5.4 Teorias	111

PEDUZZI, Luiz O. Q. Física Aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 1, p. 48-63, 1996.

PÉREZ GÓMEZ, Angel. O pensamento prático do professor: a formação do professor como profissional reflexivo. In: NÓVOA, A. (Org.). **Os professores e sua formação**. Lisboa, Portugal: Publicações Dom Quixote, 1995. p. 93-114.

PÉREZ RODRÍGUEZ, Uxío; ÁLVAREZ LIRES, Maria; SERRALLÉ MARZOA, José Francisco. Los errores de los libros de texto de primer curso de ESO sobre la evaluación histórica del conocimiento del universo. **Enseñanza de las Ciências**, v. 27, n. 1, p. 109-120, 2009.

PÉREZ, Silvia M.; URE, Celia Dibar. Primeras apropiaciones de la matemática en la física: Resolviendo problemas de cinemática en el primer año de la universidad. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 25, n. 1, p. 25-33, 2012.

PERNAMBUCO, Marta M. C. A. **Educação e escola como movimento**: do ensino de ciências à transformação da escola pública. 1994. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

PERNAMBUCO, Marta M. C. A. Significações e realidade: conhecimento (a construção coletiva do programa). In: PONTUSCHKA, N. (Org.) **Ousadia no diálogo**: interdisciplinaridade na escola pública. São Paulo: Loyola, 1993.

PERRENOUD, Philippe. **Construir as Competências Desde a Escola**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

PETERS, Eduardo Alcides; MORS, Paulo Machado. **Uma visão histórica da ciência com ênfase na Física**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2009. 53p.

PIAGET, Jean. **Psicologia e Pedagogia**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1982.

PIAGET, Jean. Inconsciente cognitivo e inconsciente afetivo. *Problemas de psicologia genética*. Rio de Janeiro: Forense, 1972a.

PIAGET, Jean. Development and learning. In: LAVATELLY, C. S. e STENDLER, F. **Reading in child behavior and development**. New York: Hartcourt Brace Janovich, 1972b.

NOVOA, António. Os professores e as histórias da sua vida. In: NOVOA, A. (Org.). **Vidas de professores**. Porto, Portugal: Porto Editora, 1992. p. 11-30.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica 1: Mecânica**. 4ª edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. 336p.

OKADA, Sionara Ioko; SOUZA, Eliane Moreira Sá. Estratégias de Marketing Digital na Era da Busca. **Remark – Revista Brasileira de Marketing**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 46-72, 2011.

OLIVEIRA, Renato José. Ciências Humanas e Educação: Impasses para a Superação dos Paradigmas Positivista e Relativista. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 77, n. 185, p. 220-238, 1996.

OLIVEIRA, Euzébio P. **Discurso**. 16-05-1933. Livro de Atas da Academia Brasileira de Ciência (ABC), 1933-1934.

OMENA, Bianca Silva Souza; SILVA, Luciano Fernandes; CAVALARI, Mariana Feiteiro. Compreensão dos professores de Ciências sobre aspectos da Natureza da Ciência: algumas considerações sobre os docentes que atuam no ensino fundamental. In: **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC**. Campinas, SP, 5 a 9 de dez 2011.

OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio J. de H.; RICCI, Trieste Freire; PRADO, Sandra D. Tradição de pesquisa quântica: uma interpretação na perspectiva da epistemologia de Larry Laudan. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 2, p. 366-386, 2008.

PALMA, Saúl A. C. Creencias curriculares y creencias de actuación curricular de los profesores de ciencias chilenos. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 505-526, 2009.

PASSOS, Marinez Meneghello; MARTINS, João Batista; ARRUDA, Sérgio de Mello. Ser Professor de Matemática: escolhas, caminhos, desejos... **Ciência & Educação**, v. 11, n. 3, p. 471-482, 2005.

PATY, M. 1989. **Matéria roubada**. São Paulo: Edusp, 1995.

PAULA, Helder Figueiredo; LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro. A leitura de textos didáticos de ciências como confronto de perspectivas. **Revista Ensaio**, v. 13, n. 3, p. 185-205, 2011.

3.6 REFLEXÃO EM TORNO DA TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO (TAD)	111
3.7 A TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO E OS MOMENTOS DIDÁTICOS	118
3.8 SOBRE OS MOMENTOS DIDÁTICOS OU DE ESTUDO	118
3.8.1 Análise do Capítulo 2 do livro A	119
3.9 SOBRE FENÔMENOS DIDÁTICOS ORIGINADOS EM UMA ESTRATÉGIA TRADICIONAL DE ENSINO DE FÍSICA	130
3.10 SOBRE A PRESENÇA DOS <i>FENÔMENOS DIDÁTICOS</i> NA LITERATURA DA ÁREA: UM OLHAR VOLTADO À ESPECIFICIDADE DISCIPLINAR	132
3.10.1 Empirismo e Racionalismo	132
3.10.2 Cientista é um gênio	134
3.10.3 Física é ciência aplicada	135
3.10.4 Física é dogmatista	136
3.10.5 Física é uma obra acabada	137
3.10.6 Não existem questões iniciais	138
3.10.7 Se não há equações não há física	139
3.10.8 Apresentação estanque da física	141
CAPÍTULO 4	144
4 EXEMPLARES E SABERES DE REFERÊNCIA: CONTRAPOSIÇÕES COM OS FENÔMENOS DIDÁTICOS	144
4.1 ANÁLISE DO CAPÍTULO 2 DO LIVRO A	144
4.1.1 Sobre a Introdução ao Capítulo: por uma física aplicada?	144
4.1.2 Movimento	147
4.1.3 Posição e Deslocamento	150
4.1.4 Velocidade Média e Velocidade Escalar Média	155

4.1.5 Velocidade Instantânea e Velocidade Escalar Instantânea	165
4.1.5.1 Velocidade como uma derivada	171
4.1.6 Aceleração	172
4.1.7 Aceleração constante: um caso especial	178
4.1.8 Mais sobre aceleração constante	179
4.1.9 Aceleração em queda livre	179
4.1.10 Integração de gráficos em análise de movimento	191
4.1.11 Indo além da aprendizagem do conhecimento científico	191
CAPÍTULO 5	195
5 SOBRE OS FENÔMENOS DIDÁTICOS E A FORMAÇÃO DO PROFESSOR	195
5.1 ESPÍRITO CIENTÍFICO E ESTILO DE PENSAMENTO	209
5.1.1 Epistemologia de Bachelard e a noção de espírito científico (EC)	210
5.1.2 Noção de Estilo de Pensamento	219
5.1.3 Pela convergência epistemológica entre Fleck e Bachelard	223
5.2 FENÔMENOS DIDÁTICOS: RELAÇÕES COM AS REGRAS DO POSITIVISMO E A CONTRAPOSIÇÃO COM OS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS	224
CONSIDERAÇÕES FINAIS	232
REFERÊNCIAS	248

MILICIC, Beatriz; SANJOSÉ, Vicente; UTGES, Graciela, SALINAS, Bernardino. La cultura académica como condicionante del pensamiento y la acción de los profesores universitarios de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 2, p. 263-284, 2007.

MILICIC, Beatriz; UTGES, Graciela; SALINAS, Bernardino; SANJOSÉ, Vicente. Transposición didáctica y dilemas de los profesores en la enseñanza *de física para no físicos*. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 1, p. 7-33, 2008.

MOSTERÍN, J. Prólogo al libro de Estany A., **Modelos de cambio científico**. Barcelona: Editorial Crítica. 1990.

MORAES, José Uibson Pereira. A visão dos alunos sobre o ensino de física: um estudo de caso. **SCIENTIA PLENA**, v. 5, n. 11, p. 1-7, 2009.

MOREIRA, Marco Antonio; OSTERMANN, Fernanda. Sobre ensino do Método Científico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 10, n. 2, 1993, p. 108-117.

MUENCHEN, Cristiane. Tese (Doutorado – Centro de Ciências Física e Matemáticas. Centro de Ciências da Educação. Centro de Ciências Biológicas. **A disseminação dos três momentos pedagógicos**: um estudo sobre práticas docentes na região de Santa Maria/RS. 273f. Florianópolis, Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

MUENCHEN, Cristiane; DELIZOICOV, Demétrio. A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. **Revista Ensaio**, v. 14, n. 3, p. 199-215, 2012.

NASCIMENTO, Tatiana Galieta; MARTINS, Isabel. Elementos Compositivos do Texto sobre Genética no Livro Didático de Ciências. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 1, p.3-25, mar. 2009.

NEWTON, Isaac. **Arithmetica Universalis; sive de Compositione et Resolutione Arithmetica**. Ghent University, 1707.

NIGRO, Rogério Gonçalves; TRIVELATO, Silvia L. F. Leitura de textos de ciências de diferentes gêneros: um olhar cognitivo-processual. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 3, p. 553-573, 2010.

NOSELLA, Maria de Lourdes Chagas Deiró. **As belas mentiras**: ideologia subjacente aos livros didáticos. 4ª ed. São Paulo: Moraes, 1981.

MATTHEWS, Michael R. History, Philosophy, and Science Teaching: The Present Rapprochement. **Science & Education**, v.1, n.1, p.11-47, 1992.

MEGID NETO, Jorge. O que mudou e o que ainda não mudou nos livros didáticos de física do ensino médio. In: **XIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF** 2011. Foz do Iguaçu, 2011.

MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**, v.9, n.2, p.147-157, 2003.

MELLADO, Vicente. The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science. **Science Education**, v. 8, n. 3, p. 323-346, 1998.

MELLADO, Vicente. Preservice teacher's classroom practice and their conceptions of the nature of science. **Science & Education**, v. 6, n. 4, p. 331-354, 1997.

MELVILLE, Wayne. Curriculum reform and a Science department: a bourdieuan analysis. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 8, p. 971-991, 2010.

MENEZES, Paulo Henrique Dias; VAZ, Arnaldo de Moura. Tradição e Inovação no Ensino de Física: a influência da formação e profissionalização docente. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2009, Florianópolis. **Anais...**

MESSIAS, Carolina Valença; SALOMÃO, Simone Rocha Salomão. Visões do reino fungi: análise comparativa de livros didáticos escolares e acadêmicos. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis: UFSC, p. 1-12, nov. de 2009.

MIGUEL, Leonardo Rogério; VIDEIRA, Antonio Augusto Passos. A distinção entre os “contextos” da descoberta e da justificação à luz da interação entre a unidade da ciência e a integridade do cientista: o exemplo de William Whewell. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 4, n. 1, p. 33-48, 2011.

MILICIC, Beatriz. Tese (Doutorado – Facultad de Filosofía y Ciencias de la Educación). **La cultura profesional como condicionante de la adaptación de los profesores de Física universitaria a la enseñanza de Física**. 1700f. Valencia, Espanha: Universitat de Valencia, 2004.

INTRODUÇÃO

PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

ORIENTAÇÕES EDUCACIONAIS COMPLEMENTARES AOS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO MÉDIO E AS DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Nesse capítulo, nosso objetivo é apresentar o problema que procuramos esboçar nessa tese junto de sua justificativa no contexto da formação inicial de professores de física. Trazemos para discussão questões referentes à didática da ciência e à sua incorporação nos programas curriculares dos cursos de licenciaturas, além de estudos no âmbito das normatizações disciplinares que historicamente foram desenvolvidas e que hoje compõem as tradições específicas de cada campo científico.

O pontapé inicial, a partir do qual uma série de questões poderá ser levantada, será a leitura de alguns trechos de documentos produzidos no Brasil, e que intencionam mudanças na educação escolar do país no início da década passada.

Nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+ ensino médio, 2002) encontramos a afirmação de que “o ensino de Física vem deixando de se concentrar na simples memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos” indicando a “consciência de que é preciso lhe dar um significado, explicitando seu sentido já no momento do aprendizado” (PCN+ ensino médio, 2002, p. 60).

Afirma-se que “a sinalização efetuada pelos PCNEM é explícita quanto ao que não conduz na direção desejada e vem sendo percebida com clareza pelos professores” (PCN+ ensino médio, 2002, p. 60).

Nesse sentido, o documento adverte que “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” (PCN+ ensino médio, 2002, p. 61).

No entanto, o conhecimento em física não se reduz apenas a uma “dimensão pragmática, de um saber fazer imediato, mas deve ser concebido dentro de uma concepção humanista abrangente, tão abrangente quanto o perfil do cidadão que se quer ajudar a construir” (PCN+ ensino médio, 2002, p. 61).

No documento há a afirmação de que o ensino de física deve introduzir o aluno não somente na linguagem da física, com as expressões envolvendo gráficos, tabelas e relações matemáticas, mas também na percepção ou reconhecimento de que a física foi construída “ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais” (PCN+ ensino médio, 2002, p. 59).

O documento considera como referência a formação de um “jovem solidário e atuante, diante de um mundo tecnológico complexo e em transformação” (ibid., p. 62). Assim, sugere priorizar uma compreensão de “conhecimento científico e tecnológico como resultante de uma construção humana, inserido em um processo histórico e social” (ibid., p. 67) e como parte integrante da cultura humana contemporânea (ibid., p. 68).

Embora o documento se refira à Educação Básica, especificamente à Física no Ensino Médio, levamos essa intencionalidade para análise dos cursos de licenciatura, já que as mudanças só podem ser concretizadas quando o *Professor* tem condições reais de agir e pensar de acordo com o espírito proposto (CARVALHO, 2007) pelo documento, tendo em vista os hábitos intelectuais, de conduta, e afetivos, que fizeram com que ele se constituísse de acordo com uma identidade própria do campo acadêmico de sua formação inicial.

Nesse sentido, o parecer CNE/CP 009/2001, referente às Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, afirma que “para construir junto com os seus futuros alunos experiências significativas (...) é preciso que a formação de professores seja orientada por situações equivalentes de ensino e de aprendizagem” (parecer CNE/CP 009/2001, p. 14).

O artigo 5º do Projeto de Resolução que institui as Diretrizes supracitadas estabelece, em seu primeiro item, que “o projeto pedagógico de cada curso (...) levará em conta que a formação deverá garantir a constituição das competências objetivadas na educação básica” (anexo do parecer CNE/CP 009/2001, p. 63).

Soma-se a este item a necessidade de desenvolver a percepção das relações de semelhança e de diferenças entre “o que [o aluno] está aprendendo na licenciatura e o currículo que ensinará no segundo segmento do ensino fundamental e no ensino médio” (parecer CNE/CP 009/2001, p. 21); dentro deste contexto o documento também se refere à identificação de “obstáculos epistemológicos, obstáculos didáticos, relação desses conteúdos com o mundo real, sua aplicação em outras disciplinas, sua inserção histórica” (parecer CNE/CP 009/2001, p. 21).

MARTÍN, Ana M.; BARRERO, Carmen; SÁNCHEZ, Lidia; CORNEJO, Jorge N. La visión del conocimiento científico y del conocimiento tecnológico en los libros de Química General utilizados en carreras de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 3, p. 550-566, 2011.

MARTINS, André Ferrer P. Algumas contribuições da epistemologia de Gaston Bachelard. À pesquisa em Ensino de Ciências. In: **X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – X EPEF**. Londrina, PR, 15 a 19 de agosto 2006.

MARTINS, André Ferrer P. **O ensino do conceito de tempo**: contribuições históricas e epistemológicas. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). IFUSP, FEUSP, 1998. 148p.

MARTINS, Roberto de Andrade. Galileu e o Princípio da Relatividade. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, v. 9, p. 69-86, 1986.

MARTINS, Liziane; CASTRO, Thaís de Araújo. Abordagens de saúde em um livro didático de Biologia largamente utilizado no Ensino Médio brasileiro. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis: UFSC, p. 1-12, nov. de 2009.

MARTORANO, Simone Alves de Assis; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro Marcondes. As concepções de ciência dos livros didáticos de Química, dirigidos ao Ensino Médio, no tratamento da cinética química no período de 1929 a 2004. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 341-355, 2009.

MATTAR, João. Web 2.0 e redes sociais na Educação à Distância: Cases no Brasil. *La Educ@ción – revista digital*, n. 145, p.1-23, maio 2011. Disponível em: https://www.educoas.org/portal/La_Educacion_Digital/laeducacion_145/studies/EyEP_mattar_ES.pdf.

MATTHEWS, Michael R. Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemologia constructivista. Trad. para o espanhol: BARBERÁ, Oscar; PUIG, Luis. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 1, p. 79-88, 1994.

LINHARES, M. P.; REIS, E. M. Estudo de caso como estratégia de ensino na formação de professores de Física. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 3, p. 555-574, 2008.

LOBATO, Anderson Cezar; NERES DA SILVA, Cristina; MONTERO LAGO, Rochel; CARDEAL, Zenilda de Lourdes; QUADROS, Ana Luiza. Dirigindo o olhar para o efeito estufa nos livros didáticos de ensino médio é simples entender esse fenômeno? **Revista Ensaio**, v. 11, n 1, p. 1-18, 2009.

LOGUERCIO, Rochele de Quadros; SAMRSLA, Vander Edier Ebling; DEL PINO, José Claudio. A dinâmica de analisar livros didáticos com professores de Química. **Química Nova**, v. 24, n. 4, p. 557-562, 2001.

LOPES, Cesar V. M.; MARTINS, Roberto de Andrade. J. J. Thomson e o uso de analogias para explicar os modelos atômicos: o “pudim de passas” nos livros texto. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis: UFSC, p. 1-12, nov. de 2009.

MACEDO, Cristina Cândida; SILVA, Luciano Fernandes. Contextualização e Visões de Ciência e Tecnologia nos Livros Didáticos de Física Aprovados pelo PNLEM. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p.1-23, nov. 2010.

MALDANER, Otávio A. e SCHNETZLER, Roseli P. A necessária conjugação da pesquisa e do ensino na formação de professores e professoras. In: **Ciência, ética e cultura na educação**. Attico Chassot e José R. de Oliveira (Org.). São Leopoldo: Ed. Unisinos, 1998. p.191-214.

MALLMANN, Elena Maria; ALBERTI, Taís Fim; DE BASTOS, Fábio da Purificação; ABEGB, Ilse. MOOC mediado por REA: prática da liberdade nos programas de capacitação continuada no ensino superior. In: <https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/3076/1/Mooc.pdf>.

MANDLER, G. **Mind and Body: Psychology of emotion and science**. Nova York: Norton, 1984.

MANNONI, M. **La Educación Imposible**. México: Siglo XXI, 1983.

MARPICA, Natália Salan; LOGAREZZI, Amadeu José Montagnini. Um panorama das pesquisas sobre livro didático e educação ambiental. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 1, p. 115-130, 2010.

E, assim, esse parecer enfatiza que “esses dois níveis de apropriação do conteúdo devem estar presentes na formação do professor” (parecer CNE/CP 009/2001, p. 21). O mesmo documento aponta para dificuldades de elaboração de planejamentos para implementação de políticas educacionais *orientadas para o debate social e acadêmico* “visando a melhoria da educação básica” (p. 4), em função do ensino tradicional comumente encontrado na formação inicial de professores:

Entre as inúmeras dificuldades encontradas para essa implementação destaca-se o preparo inadequado dos professores cuja formação de modo geral, manteve predominantemente um formato tradicional, que não contempla muitas das características consideradas, na atualidade, como inerentes à atividade docente. (p. 4)

Dentre as características que o documento destaca citamos a utilização de “novas metodologias, estratégias e materiais de apoio”, de “atividades de enriquecimento cultural”, de “práticas investigativas” (p. 4), elementos que podem estar de alguma forma também presentes nos manuais de Física.

Como uma das “questões a serem enfrentadas na formação de professores” o parecer observa que “a ampliação do universo cultural é, hoje, uma exigência colocada para a maioria dos profissionais” e que “no caso dos professores, ela é mais importante ainda”, mas que, no entanto, “a maioria dos cursos existentes ainda não se compromete com essa exigência” (p. 21).

O documento também destaca que as mudanças nos cursos de formação docente dependem de políticas que as viabilizem; entre as ações nesse âmbito cita a “infra-estrutura institucional, especialmente no que concerne a recursos bibliográficos e tecnológicos” (p. 5).

Essas propostas mostram congruência com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), de 1996:

A proposta de diretrizes nacionais para a formação de professores para a educação básica brasileira busca também construir sintonia entre a formação de professores, os princípios prescritos pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional/LDBEN, as normas instituídas nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a educação infantil, para o ensino fundamental e para o ensino médio, e suas

modalidades, bem como as recomendações constantes dos Parâmetros e Referenciais Curriculares para a educação básica elaborados pelo Ministério da Educação. (p. 5)

E também:

... busca considerar iniciativas que vêm sendo tomadas no âmbito do Ministério da Educação, seja pela Secretaria de Educação Fundamental – SEF – que, coordenando uma discussão nacional sobre formação de Professores publicou os Referenciais para a Formação de Professores, seja pela Secretaria de Ensino Superior – SESu – que desencadeou em dezembro de 1997, um processo de revisão da Graduação, com a finalidade de subsidiar o Conselho Nacional de Educação na tarefa de instituir diretrizes curriculares nacionais para os diferentes cursos. (p. 6)

O parecer CNE/CP 009 /2001 afirma que a LDBEN institui a Educação Básica como “referência principal para a formação dos profissionais da Educação” (p. 13). Afirma também que “do ponto de vista legal, os objetivos e conteúdos de todo e qualquer curso ou programa de formação ou continuada de professores devem tomar como referência os artigos 22, 27, 29, 32, 35 e 36 da mesma LDBEN” (p. 13). Particularmente, o artigo 35 dessa lei aponta como uma das finalidades do Ensino Médio “a compreensão dos fundamentos técnico-científicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina”. Em nossa compreensão, este item do artigo se refere a uma concepção do fazer científico enquanto processual, portanto, enquanto uma construção humana e histórica.

Entendemos que o artigo 36 reafirma esse entendimento ao expor no item I a seguinte diretriz: “[o currículo do ensino médio] destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência (...), o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura (...)”.

E também as Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física, por meio do parecer CNE/CES 1304/2001, aponta como qualificação profissional básica para o professor de Física a competência para “desenvolver uma ética de atuação profissional e a consequente responsabilidade social, compreendendo a Ciência como conhecimento

LAJONQUIÈRE, Leandro. **De Piaget a Freud: para uma clínica do aprender**. 15ª ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2010.

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 87-111, 2007.

LARA, Alessandro Luiz; LIMA, Murilo Ricardo; SILVA, Danilo Ricardo Paes; PINTO, Angela Emilia Almeida; GUEDES, Hideraldo Corbolin. Opiniões dos estudantes sobre o uso da história da ciência no ensino de Física: possíveis concepções e reflexões para um projeto de pesquisa. In: **XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2013**. São Paulo, SP: Universidade de São Paulo, 21 a 25 de jan. 2013.

LAVERTY, James; KORTEMEYER, Gerd. Function plot response: A scalable system for teaching kinematics graphs. **American Journal of Physics**, v. 80, n. 8, p. 724-733, August 2012.

LECOURT, Dominique. **A cientificidade**. In: MORIN, Edgar. A religação dos sabers. O desafio do século XXI. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

LEDERMAN, N. G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

LEDERMANN, N. G.; GESS-NEWSOME, J.; LATZ, M. S. (1994). The nature of development of preservice science teacher's conceptions of subject matter and pedagogy. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 31, n. 2, p. 129-146, 1994.

LEITE, Fábio Rodrigo. **Um estudo sobre a filosofia da história e sobre a historiografia da ciência de Pierre Duhem**. São Paulo: 2012. 448 f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2012.

LENOIR, Timothy. **Instituindo a Ciência: a produção cultural das disciplinas científicas**. São Leopoldo, RS: Editora UNISINOS, 2003. 380p.

LIMA, Maria Emilia Caixeta de Castro; SILVA, Penha Souza. Critérios que professores de Química apontam como orientadores da escolha do livro didático. **Revista Ensaio**, v. 12, n. 2, p.121-136, 2010.

HURTADO, Manuel Tamayo; GARCÍA, Francisco González García. La enseñanza de la evolución en Chile. Historia de un conflicto documentado en los textos de estudio de enseñanza media. **Investigações em Ensino de Ciências**, V. 15, N. 2, p. 310-336, 2010.

JACQUES, Vinicius; MILARÉ, Tathiane; PINHO ALVES FILHO, José. A presença do conceito de energia no tratamento da Química em livros didáticos de Ciências. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis: UFSC, p. 1-12, nov. de 2009.

JIMÉNEZ VALLADARES, Juan de Dios; PERALES PALACIOS, F. Javier. Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de La ESO. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 1, p. 3 – 19, 2001.

JOTTA, Leila de Aragão Costa Vicentini; CARNEIRO, Maria Helena da Silva. Malária: as imagens utilizadas em livros didáticos de Biologia. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis: UFSC, p. 1-11, nov. de 2009.

KAISER, David. Moving Pedagogy from the Periphery to the Center. p. 1-8. In: KAISER, David (ed). **Pedagogy and the Practice of Science**. Massachusetts Institute of Technology, 2005.

KASSEBOEHMER, Ana Cláudia; FERREIRA, Luiz Henrique. Aproximações ao modo de produção da ciência: propostas de problematização nos livros didáticos de Química. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis: UFSC, p. 1-12, nov. de 2009.

KNELLER, George F. **Ciência como atividade humana**. São Paulo: Zahar/Edusp, 1980. 312p.

KHISHFE, Rola. Transfer of Nature of Science Understandings into Similar Contexts: Promises and Possibilities of an Explicit Reflective Approach. **International Journal of Science Education**, v. 35, n. 17, p. 2928-2953, 2013.

KOYRÉ, Alexandre. **Estudos de história do pensamento científico**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1982. 185p.

KRAPAS, Sonia. Livros didáticos: Maxwell e a transposição didática da luz como onda eletromagnética. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 564-600, dez. 2011.

histórico, desenvolvido em diferentes contextos sócio-políticos, culturais e econômicos” (parecer do CNE/CES 1304/2001, p. 3).

Além disso, o item II do artigo 36, afirma que as metodologias de ensino e de avaliação devem ser tais que “estimulem a iniciativa dos estudantes”. Essas ações, pois, dependem de “competências referentes ao domínio do conhecimento pedagógico”, tais como “identificar, analisar e produzir materiais e recursos para utilização didática, diversificando as possíveis atividades e potencializando seu uso em diferentes situações” (p. 43).

A organização curricular dos cursos de licenciaturas, por meio dos Projetos Pedagógicos, deve respeitar as Diretrizes que instituem a Formação Inicial de Professores, em cursos de graduação plena: os projetos pedagógicos dos cursos analisados nessa tese mostram-se congruentes, de forma explícita, com os pareceres e resoluções do CNE.

Dessa forma, tanto os documentos que se referem ao ensino na educação básica como ao ensino universitário, apontam há um bom tempo para necessidade de mudanças nos currículos das licenciaturas para que efetivamente possa ocorrer a formação de cidadãos que compreendam fundamentos técnico-científicos, suas razões de ser e suas possíveis consequências sociais, participando ativamente de debates acadêmicos.

Contudo, a história do(a) licenciado(a) em sua instituição de origem pode apontar para certas compreensões sobre os conteúdos específicos e sobre o papel dos professores; essas compreensões, por sua vez, estão relacionadas, direta ou indiretamente, com os cursos de formação inicial, o que sugere que por trás de dificuldades de inserção em novos caminhos didático-pedagógicos ou, de forma mais geral, em formas de conceber a educação, parece existir e talvez persistir a dificuldade de adaptação que o indivíduo enfrenta devido a sua história na instituição pela qual passou em sua formação inicial.

Assim, a análise da formação didática dos indivíduos dentro de um campo pode contribuir para auxiliar a eventual correlação com os objetivos encontrados nos documentos que tratam da formação de professores no país. Esta análise pode contribuir para redefinir as finalidades do ensino escolar do país.

CONCEPÇÕES ADQUIRIDAS PELA VIVÊNCIA NAS ESCOLAS

Passamos a discutir outro aspecto influente na ação docente. Os alunos de licenciatura em Física, como seus semelhantes de outras graduações de licenciatura, tecnologia ou bacharelado, “já trazem

concepções sobre a sala de aula e sobre o ensino e a aprendizagem” (QUADROS *et al.*, 2010, p. 295).

Pesquisas apresentaram resultados segundo os quais os métodos de ensino vivenciados pelos indivíduos enquanto alunos, na Educação Básica e na Universidade, orientam as concepções de ensino que eles passam a privilegiar no seu futuro profissional (CATANI, BUENO, SOUSA, 2000; SILVA e CARVALHO, 2009; QUADROS *et al.*, 2005). Isto é, já trazem concepções sobre o conteúdo, o papel do professor e do aluno que “são construídas durante toda a vida e perpassam pela formação inicial” (QUADROS *et al.*, 2010, p. 294-295).

Quadros *et al.* (2006) argumentam que as experiências vivenciadas pelos alunos, futuros professores, na própria universidade reforçam visões de ensino próximas daquelas (re)conhecidas como tradicionais. Isto significa que a universidade tem contribuído, talvez bastante, para a formação de noções e preceitos sobre a educação científica dos seus futuros profissionais.

Além disso, estes autores mostram similaridade em outras pesquisas em nosso país e no exterior - NOVOA, 1992; CAVACO, 1995; CATANI, BUENO e SOUSA, 2000; QUADROS *et al.*, 2005 – e afirmam que “alguns estudos (GIL e CARVALHO, 1994; PÉREZ GÓMEZ, 1995) já indicaram que professores tendem a ensinar mais como aprenderam na escola do que aplicando as ideias ‘aprendidas’ sobre como se deveria ensinar” (QUADROS *et al.*, 2010, p. 295).

Esse comportamento docente apontado pela pesquisa de Quadros *et al.* (2010) permite levantar a hipótese de que a prática cotidiana escolar do estudante (sujeito epistêmico) e a didática do professor (*idem*), seja espontânea ou academizada, têm maior influência na formação prática do professor do que os estudos teóricos universitários.

Nesse sentido, para Delizoicov (2004) o “professor formador desempenha papel ‘exemplar’ para a atuação docente, tanto ao adotar práticas consistentes com os resultados de pesquisa como ao manter práticas tradicionais de ensino” (p. 153). Mellado (1998 apud Palma, 2009, p. 506), congruente com os autores supracitados, sugere que as crenças dos professores são adquiridas “de forma natural, não reflexiva, a partir da própria experiência enquanto aluno, sendo, portanto, elementos estáveis do conhecimento profissional e podendo se constituir como obstáculos à mudança”.

Copello Levy e Sanmartí Puig (2001) citam vários estudos segundo os quais professores de ciências e estudantes têm concepções alternativas sobre fenômenos da natureza e sobre a própria profissão, e

GVIRTZ, Silvina; AISENSTEIN, Ângela; VALERANI, Alejandra; CORNEJO, Jorge. **A politização do currículo de ciências nas escolas argentinas (1870-1950)**. In: Lopes, A. C. e Macedo, E. Disciplinas e integração curricular: histórias e políticas. Rio de Janeiro: DP&A editora, 2002.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física, v. 1: mecânica**. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 372p.

HARRES, João Batista Siqueira. **Natureza da Ciência e implicações para a educação científica**. In: MORAES, Roque (Org). Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas. 2ª ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 37-68, 2003.

HARRES, João Batista Siqueira. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 197-211, 1999.

HARRES, João Batista S. **Concepções de professores sobre a natureza da ciência**. Tese (Doutorado em Educação). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

HASS, P.; KEELEY, S. Coping with faculty resistance to teaching critical thinking. **College Teaching**, v. 46, n. 2, p. 63–67, 1998.

HESSEN, Johannes. **Teoria do Conhecimento**. São Paulo: Martins Fontes, 2000. 116p.

HONORATO, Maria Aparecida; MION, Rejane Aurora. A importância da problematização na construção e na aquisição do conhecimento científico pelo sujeito. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências** (VII ENPEC). Florianópolis, SC: UFSC, 8 de novembro de 2009.

HOSOUME, Yassuko; OLIVEIRA, Rebeca Vilas Boas Cardoso. Diferentes concepções da ciência e implicações para seu ensino. **Educar em Revista**, n. 44, p. 111-126, 2012.

HOSOUME, Yassuko; MARTINS, Maria Inês; RIBEIRO, Renata A.; LEITE, Cristina. Um panorama das pesquisas em livros didáticos de física a partir dos resumos de teses e dissertações. In: **XIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF 2011**. Foz do Iguaçu, 2011.

GERICKE, Niklas Markus; HAGBERG, Mariana. Conceptual Variation in the Depiction of Gene Function in Upper Secondary School Textbooks. **Science & Education**, v. 19, n. 10, p. 963-994, 2011.

GIL PÉREZ, Daniel; MONTORO, Isabel Fernández; ALÍS, Jaime Carrascosa; CACHAPUZ, António; PRAIA, João. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

GIL PÉREZ, Daniel; CARVALHO, Anna Maria Pessoa. **Formación del profesorado de las ciencias**. Madri, Espanha: Editorial Popular, 1994.

GOMES, Luciano Carvalhais; BELLINI, Luzia Marta. Uma revisão sobre aspectos fundamentais da teoria de Piaget: possíveis implicações para o ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 1-10, 2009.

GOMES, Maria Margarida; SELLES, Sandra Escovedo; LOPES, Alice Casimiro. Estabilidade e mudança curriculares em livros didáticos de Ciências. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis: UFSC, p. 1-12, nov. de 2009.

GOMES, Verenna Barbosa; MAIA, Juliana de Oliveira; SÁ, Luciana Passos; SILVA, Aparecida de Fátima Andrade; WARTHA, Edson José. Impressões de professores sobre questões relacionadas ao ensino de Química: enfoque no uso do livro didático. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis: UFSC, p. 1-12, nov. de 2009.

GOMES, Eloiza; TORRES, Suzana Rodrigues. As ciências básicas na visão dos alunos do Ensino Médio. In: **Simposium Iberoamericano sobre Didáctica Universitaria – La Calidad de la Docencia en La Universida – 1999**. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2000/artigos/066.PDF>. Acessado em 10/03/2014.

GÜLLICH, Roque Ismael da Costa. **Desconstruindo a imagem do livro didático no ensino de ciências**. Revista SETREM. Três de Maio, v. 4, n. 3, p. 43 – 51, jan. 2004.

GÜLLICH, Roque Ismael da Costa; EMMEL, Rúbia; PANSERA-DE-ARAÚJO, Maria Cristina. Interfaces da pesquisa sobre o livro didático de Ciências. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis: UFSC, p. 1-12, nov. de 2009.

apontam que essas concepções são acompanhadas de rotinas muito bem estabelecidas, estáveis e resistentes a mudanças.

Segundo Quadros *et al.* (2010) há fortes indícios de que essas concepções sobre a profissão docente foram influenciadas por ex-professores:

As reflexões feitas durante a realização desta pesquisa – tanto a partir da análise dos dados quanto do contato com a literatura – nos mostraram que algumas concepções que os alunos apresentam a respeito do “ser professor” estão intimamente relacionadas aos professores que eles tiveram durante a vida escolar. Isso nos mostra que professores podem influenciar muito mais pelo exemplo, pela postura e pelo tipo de aula que ministram do que as próprias teorias que tratam do “ensinar e aprender”. (QUADROS *et al.*, 2010, p. 307)

Sustentando a mesma ideia, Menezes e Vaz (2009, p. 2) afirmam que “diferentemente de outras profissões, o professor começa a interagir com o seu campo de trabalho desde muito cedo, quando do seu ingresso nas séries iniciais de sua formação escolar”. Para eles “ao longo de todo processo educacional, ele [o aluno] toma contato não só com seu futuro ambiente de trabalho, mas também com outros professores que, de alguma forma, irão influenciar sua prática futura”. Assim, questionam: “Quantos professores de hoje não foram influenciados pelos seus mestres de ontem?” (p. 2).

Menezes e Vaz (2009), embasando-se em Maldaner e Schnetzler (1998, p. 200), ainda argumentam que a força do ambiente escolar pelo qual passou o professor, na condição de aluno, faz com que ele tende a reproduzir o mesmo processo de forma tácita por ver nele certo prosseguimento de um mesmo processo profissional, impedindo uma crítica mais aguda e o abandono de crenças e práticas construídas.

E, portanto, podemos muito bem levantar a hipótese de que esse processo de formação profissional contempla uma reprodução de comportamentos institucionalizados, alimentada inclusive pela forte lembrança dos saberes a serem ensinados e da didática vivenciada.

Somando à formação ambiental proporcionada pelos “bancos escolares e universitários”, os autores (MENEZES e VAZ, 2009, p. 3) também citam Perrenoud (1999), que “resgata a noção de habitus [de

Bordieu]” para justificar “esquemas de percepção, de avaliação, de pensamento e de ação” incorporados por meio de um currículo oculto: “o habitus é formado, quer se queira ou não!” (PERRENOUD, 1999).

Dessa forma, eles afirmam:

Na falta de um ambiente que permita e incentive a reflexão sobre sua prática, muitos professores tornam-se escravos de uma rotina e a única coisa que lhes resta é repetir, ano após ano, os conteúdos apreendidos durante sua formação inicial. (MENEZES e VAZ, 2009, p. 4)

Entretanto, a prática cotidiana do professor nem sempre é evidente para ele, e “a tomada de consciência remete, muitas vezes, a mecanismos de defesa já descritos pela psicanálise” (MENEZES e VAZ, 2009, p. 4). Com esse sentido, Perrenoud (1999) afirma:

Tomar consciência daquilo que se faz não acontece por si. Às vezes, em razão de resistências, de angústias, de mecanismos de defesa descritos pela psicanálise certas atitudes, certas maneiras de fazer em sala de aula são difíceis de reconhecer, porque a tomada de consciência revelaria um passado doloroso, emoções recolhidas, problemas não-resolvidos da infância, da adolescência e da idade adulta (PERRENOUD, 1999, p. 163 *apud* MENEZES e VAZ, 2009, p. 5)

Portanto, uma mudança exige uma “reorientação de esquemas e convicções que nem sempre ocorre de forma tranqüila, ainda mais quando essas mudanças mexem com concepções íntimas que já estão fortemente incorporadas ao seu habitus”, de modo que os professores devem aprender a ensinar de uma forma “que eles mesmos não foram ensinados” (MENEZES & VAZ, 2009, p. 5).

Becker (2008, p. 65) nota que “para Piaget (1972a), a afetividade é o motor ou a energia da ação” e que “a ação está na base do desenvolvimento do conhecimento-estrutura que, por sua vez, garante as bases de toda aprendizagem”.

Assim, se “Piaget afirma que a afetividade é o motor da ação ou a energia da estrutura”, (...) nada do que o ser humano produz cognitivamente é vazio de afetividade” (ibid., p. 70), o que leva à

FOUREZ, Gerard. **A construção das Ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências**. São Paulo: Editora da UNESP, 1995. 320p.

FRADE, Cristina; FARIA, Diogo. Is Mathematics Learning a Process of Enculturation or a Process of Acculturation? In: MATOS, J. F.; VALERO, P.; YASUKAWA, K. (Eds.). **Proceedings of the Fifth International Mathematics Education and Society Conference**. p. 1-11. Lisbon: Centro de Investigação em Educação, Universidade de Lisboa – Department of Education, Learning and Philosophy, Aalborg University, 2008.

FRANÇA, Viviane Helena; MARGONARI, Carina; SCHALL, Virgínia Torres. Análise do conteúdo das leishmanioses em livros didáticos de ciências e biologia, indicados pelo Programa Nacional do Livro Didático (2008/2009). **Ciência & Educação**, v. 17, n. 3, p. 625-644, 2011.

FRANCISCO JUNIOR, Wilmo Ernesto; BARROS, Aline Araújo Dias; GARCIA, Viviane Martins Garcia; OLIVEIRA, Ana Carolina Garcia. Um estudo das analogias sobre equilíbrio químico nos livros aprovados pelo PNLEM 2007. **Revista Ensaio**, v. 13, n. 2, p. 85-100, 2011.

FREITAG, Barbara; MOTTA, Valéria Rodrigues; COSTA, Wanderly Ferreira. **O livro didático em questão**. 3ª edição. São Paulo: Cortez, 1997. 159p.

GALVÃO, Viviane Souza. O ensino da fisiologia humana. Um estudo com estudantes da Fonoaudiologia envolvendo o tema ‘homeostasia’. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 2, p. 255-280, 2009.

GANG, SU. On students’ preconceptions and a “Special self-regulation”. **Physics Teacher**, v. 31, n. 7, p. 414-18, 1993.

GARCIA, Tânia Maria F. Braga. Relações de professores e alunos com os livros didáticos de Física. In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2009 – Vitória, ES, 26 a 30 de jan. 2009**.

GARCIA, Tânia Maria F. Braga; GARCIA, Nilson Marcos Dias. Livros Didáticos no Ensino de Física: o ponto de vista de alunos e professores. In: **XIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF 2011**. Foz do Iguaçu, 2011.

GEHLEN, Simoni Tormöhlen; MALDANER, Otavio Aloisio; DELIZOICOV, Demétrio. Momentos Pedagógicos e as etapas da situação de estudo: complementaridades e contribuições para a educação em ciências. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 1, p. 1-22, 2012.

integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. Também em: http://moodle.stoa.usp.br/file.php/408/Problemas_problematizacao.pdf. Acessado em 10/12/2013.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André Peres. **Física.** 2ª edição. São Paulo: Editora Cortez, 1992.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André Peres. **Física.** São Paulo: Cortez, 1991.

DELIZOICOV, Demétrio. **Concepção Problematizadora do Ensino de Ciências na Educação Formal.** Dissertação de Mestrado. São Paulo: Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP, 1982.

DURKHEIM, Émile. **Educação e Sociologia.** Lisboa, Portugal: Edições 70, 2009.

EINSTEIN, Albert. **Notas autobiográficas.** 4ª ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982. 53p.

EINSTEIN, Albert. **Como vejo o mundo.** 11ª ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981. 89p.

FAUCONNET, Paul. A obra pedagógica de Durkheim. In: DURKHEIM, Émile. **Educação e Sociologia.** Introdução. Lisboa, Portugal: Edições 70, 2009. p. 13-41.

FERRACIOLI, Laércio. Aprendizagem, desenvolvimento e conhecimento na obra de Jean Piaget: uma análise do processo de ensino-aprendizagem em Ciências. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 80, n. 194, p. 5-18, 1999.

FERRAZ, Gleice; SILVA, Gabriela Borges; VENEU, Aroaldo; REZENDE, Flavia. Uma análise das vozes epistemológicas e pedagógicas nos parâmetros curriculares nacionais de Física. In: **XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física.** Águas de Lindóia, SP, p. 1-10, 24 a 28 de outubro 2010.

FEYNMAN, Richard P.; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, Matthew. **Lições de Física.** v. 1. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FIOLHAIS, Carlos. Einstein e o prazer da Física: passados cem anos, a Física continua divertida. **Física na Escola**, v. 6, n. 1, p. 11-14, 2005.

FLECK, Ludwik. **Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico.** Belo Horizonte/MG: Fabrefactum, 2010. 224p.

conclusão de que “se a estrutura necessita de afetividade para produzir o menor ato cognitivo, e se a afetividade só se manifesta pela estrutura, então estrutura e afetividade são duas manifestações da mesma realidade: a organização mental do sujeito” (ibid., p. 70).

Dentro dessa organização mental, incluem-se visões sobre a natureza e sobre o fazer científico. Nesse ponto, em raras ocasiões professores se mostram interacionistas ou construtivistas, se aproximando da concepção epistemológica de Piaget (1972b apud BECKER, 2008), inclusive quando as pesquisas consideram professores de vários níveis escolares e de distintas áreas (BECKER, sem data). As pesquisas de Becker apontam que professores ora se embasam em concepções de viés empirista ora de concepções de ordem apriorista, não considerando a possibilidade de uma interação entre pensamento e realidade na gênese do conhecimento.

Como se vê, a formação docente, especialmente a que se refere aos cursos de pedagogia e aos de licenciaturas tem, pela frente, um grande trabalho: inventar programas de aprendizagem para que esses professores em formação ou futuros professores modifiquem suas concepções epistemológicas dialetizando as relações sujeito-objeto, organismo-meio, indivíduo-sociedade, aluno-professor. Sem essa transformação epistemológica pouco poderemos esperar de mudanças significativas nas práticas escolares. (BECKER, 2008, p. 72)

Qual seria a origem das concepções epistemológicas dos professores? Seriam externalizações de uma longa formação escolar e institucional? Elas se constituiriam em problemas a enfrentar quando se pensa nas orientações educacionais citadas no início do capítulo?

Para Van Eijck, Hsu e Roth (2009), estudantes trazem para sala de aula certos raciocínios assinalados pela disposição de dimensões epistemológicas e ontológicas devido à tradução particular de práticas didático-científicas vivenciadas pelos mesmos. Essa situação nos remete mais uma vez ao problema da formação docente e da prática hegemônica de ensino nas universidades e, lamentavelmente ainda, nos espaços preciosos da população discente infantil e adolescente da Educação Básica.

Os entendimentos dos estudantes, no entanto, nem sempre são conscientes e podem ser caracterizados pela *reprodução* de uma lógica,

principalmente em se tratando do contexto do Ensino Médio, onde os adolescentes, com personalidade ainda em formação, estão conhecendo “mundos possíveis (...), aquele dos números, das letras, da física, da química etc.” (LAJONQUIÈRE, 2010, p. 45). Segundo este autor¹, o adulto/professor “ensi(g)na, coloca ‘algo’ em signos”, e também “ensi(g)na algo a mais – a castração – e, dessa forma, a perseguida equivalência entre o ensinar e o aprender não é mais que uma ilusão”.

Como pode um ensino acarretar aprendizagem quando as questões subjetivas dos alunos são negligenciadas (castração)? Pois elas sustentam muitas das noções lógico-rationais elaboradas durante suas vidas. “Quando a maioria das escolas nega a bagagem cultural do aluno, ou desconhece sua linguagem ‘marginal’, ou faz ouvidos surdos a seus interesses (...)”, o que faz, em última instância, é rechaçá-lo enquanto desejan². “O desejo está entrelaçado a essas conquistas (pessoais, culturais): negá-las é, simplesmente pô-lo em xeque”³.

Para este autor, quando as questões subjetivas (coletivas, individuais - afetivo-cognitivas) dos sujeitos não são levadas em consideração, compromete-se a aprendizagem: “há que suprimir-se o desejo para que só subsistam automatismos”⁴.

Nessa configuração, é preciso repensar a formação inicial de professores para que estes tenham condições não somente de refletir sobre o par ensino e aprendizagem, mas de também incorporar os dois aspectos que devem existir para apreensão de novos saberes.

CONSIDERAÇÕES SOBRE QUESTÕES DIDÁTICO-PEDAGÓGICAS NAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO UNIVERSITÁRIO

Muitos estudos apontam o problema da formação do professor universitário que prioriza a pesquisa e torna-se, casualmente, um professor:

... parece claro que, para se alcançarem objetivos de ensino mais formativos, será preciso investir na formação do professor universitário, formá-lo para atuar em novas perspectivas de ensino – modos

¹ Ibid., p. 45.

² Ibid., p. 251-252.

³ Ibid., p. 252.

⁴ MANNONI, 1983, p. 27 apud LONQUIÈRE, 2010, p. 252.

manuales escolares. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.8, n. 1, p. 326-341, 2009.

COSTA, José Wilson; OLIVEIRA, Maria Auxiliadora M.; CORNELIO, Alice da Silva; WERNECK, Felipe N. Digital Networks in Education: research report. In: : **V Seminário Internacional de Educação à distância**. Belo Horizonte: UFMG, 2 a 4 de setembro 2013. p.904-913.

COUTINHO, Francisco Ângelo; SOARES, Adriana Gonçalves. Restrições cognitivas no livro didático de Biologia: um estudo a partir do tema “ciclo do nitrogênio”. **Revista Ensaio**, v. 12, n. 2, p. 137-150, 2010.

CUNHA, Gilmar de Abreu; HOSOUME, Yassuko; LIMA, Evandro Conde; SILVEIRA, Tomás de Aquino; WERKHAIZER, Fernando Eustaquio. O uso do livro didático em disciplinas de física em cursos de graduação de ciências exatas. In: **XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2007**. 29 de jan. a 02 de fev. São Luís, 2007.

CUSTÓDIO, José Francisco; PIETROCOLA, Maurício; CRUZ, Frederico Firmo de Souza. Conflitos, curiosidade e exploração: padrões afetivos no processo de mudança conceitual. In: http://www.nupic.fe.usp.br/Publicacoes/congressos/custodio_CONFLIT_OS_CURIOSIDADE_EXPLORACAO.pdf. Acessado em 22/05/2012.

DE BASTOS, Fabio da Purificação; ALBERTI, Taís Fim; MAZAARDO, Mara Denize. Ambientes virtuais de ensino aprendizagem: os desafios dos novos espaços de ensinar e aprender e suas implicações no contexto escolar. **Novas Tecnologias na Educação - CINTED-UFRGS**, v. 3, n. 1, p. 1-9, 2005.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André Peres; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 4ª edição. São Paulo: Editora Cortez, 2011. 366p.

DELIZOICOV, Demétrio. Pesquisa em Ensino de Ciências como Ciências Humanas Aplicadas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, p. 145-175, 2004.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, Marta M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002. 366p.

DELIZOICOV, Demétrio. "Problemas e problematizações". **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção**

CHEVALLARD, Yves. El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 19, n. 2, p. 221-266, 1.999.

CHEVALLARD, Yves. Concepts fondamentaux de la didactique: perspectives apportées par une approche anthropologique. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 12, n. 1, p. 77-111, 1992.

CHEVALLARD, Yves. On didactic transposition theory: some introductory notes. In: http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/On_Didactic_Transposition_Theory.pdf. Acessado em 10/05/2013.

CHEVALLARD, Yves; BOSCH, Marianna; GASCÓN, Josep. **Estudar Matemáticas**: o elo perdido entre o ensino e a aprendizagem. Porto Alegre: Artmed, 2001.

CIRINO, Marcelo Maia; SOUZA, Aguinaldo Robinson. O tratamento probabilístico da teoria cinética de colisões em livros de Química brasileiros para o ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 1, p. 125-144, 2010.

CLARK, Burton R. **Academic Culture**. Working Paper N° 42. New Haven Conn., Yale University Higher Education Research Group, 1980.

CONCARI, Sonia Beatriz; POZZO, Roberto Luis; GIORGI, Silvia María. Un estudio sobre el rozamiento em libros de física de nivel universitario. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 2, p. 273-280, 1999.

COMTE, A. **Curso de Filosofia Positiva**. Coleção Os Pensadores. p. 1-39. São Paulo: Abril Cultural, 1978.

COPELLO LEVY, M. I.; SANMARTÍ PUIG, N. Fundamentos de un modelo de Formación permanente del profesorado de Ciencias centrado em la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 19, n. 2, p. 269-283, 2001.

CÓRDOVA-FRUNZ, José Luis; VARGAS-FOSADA, Rubicelia; VINIEGRA-RAMÍREZ, Margarita. Traducción del lenguaje cotidiano al gráfico: una experiencia de fábula. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 10, n. 2, p. 211-221, 2013.

CORNEJO, Jorge N.; ARRIAZU, Francisco López. La enseñanza de La Física en la Escuela Media Argentina (1880-1930): un análisis desde los

pelos quais se alcançará uma compreensão mais aprofundada a respeito dos fatores que influenciam a gênese e a sintaxe do conhecimento científico” (GALVÃO, 2009, p. 278)

Além da questão da formação com relação à amplitude didática, ainda existem problemas de ordem institucional. Em pesquisa de campo, Rezende (2011), tendo como objeto de estudo um docente pesquisador da área *hard*, analisa que ele, mesmo tendo preocupações pertinentes com relação ao ensino de sua disciplina, é confrontado com os valores de seu departamento, que não permitem que suas intenções educativas sejam alcançadas. Assim, por meio dessa tensão que o docente vivencia, Rezende (2011) afirma que é possível prever seu abandono com relação às tentativas didáticas em face da desvalorização do ensino que caracteriza sua instituição. Como conclusão, infere que somente quando há apoio institucional pode haver mudanças de fato no que se refere às relações entre áreas *hard* e *soft* nos cursos de formação de professores de ciências. Antes que isso ocorra, se é que poderá um dia ocorrer, *identidade do cientista e identidade docente tendem a se tornar dicotômicas* (p. 192).

Da mesma forma Hass e Keeley (1998) – por meio de citação de Aydeniz e Hodge (2011) – declaram:

Como as conclusões deste estudo destacam, a menos que mudanças significativas ocorram em nível institucional, que criem oportunidades para os professores de ciência da faculdade para aprimorar seus conhecimentos de melhores práticas no ensino das ciências, mudanças reais são improváveis. Embora a estrutura institucional seja necessária para promoção de mudanças na prática do professor universitário, esse apoio não é suficiente. A cultura dos departamentos de ciências da faculdade deveria ajudar professores a desenvolverem compromissos de reforma do ensino de ciências usando práticas pedagógicas que são dadas pelas teorias de ensino e aprendizagem mais atuais. (Hass e Keeley, 1998). (AYDENIZ, HODGE, 2011, p. 177)

Aydeniz e Hodge (2011) mencionam um professor universitário que apesar de seu interesse pela melhoria de seu ensino, não consegue conciliar o tempo para satisfazer essa vontade e as vontades da

comunidade científica e de seu departamento, criando uma tensão interna, individual. Eles apontam que instituições às quais pertencem as áreas científicas não aprovam as identidades docentes dos cientistas, fazendo com que seja criada, mais do que uma dicotomia, uma tensão que o docente interessado em refletir e investir em seu ensino não consegue resolver, ou não pode resolver de forma tranqüila. Eles afirmam que há uma cultura do cientista que resiste à mudança, e que ao ter sua identidade decretada como cientista, acaba sendo incorporado o pressuposto de que o ensino é algo secundário.

Afinal, cientistas ensinam mais do que habilidades e conhecimentos; *se esforçam para inculcar normas, papéis e personagens, estudos, manuais, preferências, orientações epistemológicas, normas sociais, elementos que as gerações posteriores irão tanto adotar como aperfeiçoar...* (KAISER, 2005).

Anderson (2002) aponta que dentre as dificuldades que professores enfrentam para reforma em práticas didáticas – técnicas, políticas e culturais – a dimensão cultural, por ser central devido às crenças e valores que a estruturam é possivelmente a mais importante. Um aspecto que nos chama a atenção e que é apontado por Melville (2010), trata-se da necessidade de conquista de credibilidade, por parte do professor, dentro e fora da academia. Em termos de Bourdieu, o professor precisa recuperar o *capital simbólico* que se dispersou no tempo e que reforçou o estabelecimento de baixo *status acadêmico* e *social*.

Segundo Cachapuz *et al.* (2001) existe a crença de que a didática da ciência é um campo da psicologia e essa concepção acaba instalando um obstáculo para seu desenvolvimento, pois não permite um enquadramento teórico que integre saberes *procedentes de outros campos disciplinares* (p. 170).

Os autores afirmam:

Trata-se, insistimos, de um importante obstáculo para o seu desenvolvimento que em si mesmo implica a perigosa crença de que ensinar é uma atividade simples, para a qual basta apenas ter conhecimentos científicos e alguma prática. Enquanto esta crença existir – na sociedade, nos decisores políticos, nas autoridades acadêmicas e sobretudo nos próprios docentes – a Didática das Ciências terá uma influência muito limitada sobre as atividades escolares, o que, por sua vez, se converte num sério e preocupante obstáculo para o

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. A influência das mudanças da legislação na formação dos professores: as 300 horas de estágio supervisionado. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 1, p. 113-122, 2001.

CARVALHO, A. M. P.; GIL PÉREZ, D. O saber e o saber fazer dos professores. In: CASTRO, A.D. e CARVALHO, A. M. P. (Orgs.) **Ensinar a Ensinar** : Didática para a Escola Fundamental e Média. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001. p.107-124.

CASSIDY, David; HOLTON, Gerald; RUTHERFORD, James. **Understanding Physics**. New York: Springer-Verlag, 2002.

CASTAÑON, Gustavo Arja. **O cognitivismo e o desafio da psicologia científica**. Rio de Janeiro, 2006. 485 f. Tese (Doutorado em Psicologia) – Instituto de Psicologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

CATANI, Denice Barbara; BUENO, Belmira A. O.; SOUSA, Cyntia P. O amor dos começos: por uma história das relações com a escola. **Caderno de Pesquisa**, n 111, p. 151-171, 2000.

CAVACO, M. H. Ofício de professor: o tempo e as mudanças. In: NÓVOA, A. (Org.). **Profissão Professor**. Portugal: Porto Editora, 1995. p. 155-191.

CHAI Yue; YANG Lian-sheng. A Literature Review of MOOC. In: **3rd International Conference on Science and Social Research**, Tianjin, China. p.98-101, 2014.

CHARLOT, B. **A mistificação pedagógica: realidades sociais e processos ideológicos na teoria da educação**, 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986.

CHAUÍ, Marilena. **Convite à Filosofia**. São Paulo: Ática, 1997. 449 p.

CHEVALLARD, Yves. **La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. 3ª ed. Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 2009. 196p.

CHEVALLARD, Yves. Readjusting Didactics to a Changing Epistemology. **European Educational Research Journal**, v. 6, n. 2, p. 131-134, 2007.

CHEVALLARD, Yves. Steps towards a new epistemology in mathematics education. **CERME 4**, p. 21-30, 2005.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; CARRASCOSA, J.; MARTÍNEZ-TERRADES, F. A emergência da didática das ciências como campo específico de conhecimentos. In: CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (Orgs.). **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Ed. Cortez. p.185-230, 2011.

CACHAPUZ, António; PRAIA, João; GIL PÉREZ, Daniel; CARRASCOSA, Jaime; MARTINEZ TERRADES, Isabel. A emergência da Didáctica das Ciências como campo específico de conhecimento. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 14, n. 1, p. 155-195, 2001.

CAMARGO, Sérgio; NARDI, Roberto. Prática de ensino de Física: marcas de referenciais teóricos no discurso de licenciandos. In: **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Bauru, SP: Universidade Estadual Paulista, 25 a 29 de Nov 2003.

CAMPANARIO, Juan Miguel. Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de ciencias sobre la didáctica de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, n. 2, p. 319-328, 2003.

CAMPANARIO Juan Miguel; MOYA, Aida. ¿Cómo enseñar ciencias? Las principales tendencias y propuestas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 2, p. 179-192, 1999.

CARMO, Ricardo Santos; NUNES-NETO, Nei Freitas; EL-HANI, Charbel Niño. Explicações funcionais em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis: UFSC, p. 1-12, nov. de 2009.

CARNEIRO, Maria Helena da Silva; SANTOS, Wildson Luiz Pereira; MÓL, Gerson de Souza. Livro Didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciência**, v. 7, n. 2, p. 1-13, 2005.

CARUSO, F. A queda dos corpos e o aristotelismo: um estudo de caso do vestibular. **Física na Escola**, v. 9, n. 2, p. 7-9, 2008.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Habilidades de professores para promover a enculturação científica. **Contexto & Educação**, v. 22, n. 77, p. 25-49, 2007.

desenvolvimento do novo corpo de conhecimento. (CACHAPUZ *et al.*, 2001, p. 170)

Os dois aspectos a que fizemos referência, da formação inicial do professor e das vivências que os licenciandos tiveram enquanto estudantes do ensino básico formam um circuito fechado, uma retroalimentação, pois se as universidades estão formando profissionais docentes que atribuem ao ensino práticas eminentemente tradicionais, estes, por sua vez, estarão influenciando futuros professores com as mesmas práticas áulicas que tiveram. Conseqüentemente, ao chegarem nos cursos de formação inicial como licenciandos, a bagagem sobre a docência estará repleta de concepções a respeito do que deveriam estar refletindo a partir daquele momento.

A mudança nesse cenário, a médio prazo, seria a reformulação nos cursos de formação inicial de professores por meio de certas rupturas que possam impedir que o circuito fechado tenha continuidade. Entretanto, sem o estabelecimento do que vem a se constituir como a tradição do campo, que rompimentos seriam estes?

Há uma tendência à desconsideração pedagógica? Alguns autores concluem que os alunos universitários não dão a devida importância aos pré-requisitos pedagógicos para suas próprias formações profissionais, no sentido de que os mesmos podem empobrecer o conteúdo que julgam necessário para determinada disciplina (CAMPANARIO, 2003).

Esses resultados podem estar indicando que há um problema a ser enfrentado nos cursos de licenciatura ao inferir uma falta de diálogo entre as distintas disciplinas (YAMAZAKI, CRUZ, CRUZ, 2013); ou seja, a pesquisa parece apontar para uma intranqüilidade que alunos estabelecem com o conteúdo das disciplinas didático-pedagógicas, e que poderia estar instaurando um conflito devido à obrigatoriedade nada plausível para eles para assistir, estudar, refletir e executar as atividades que devem ser feitas para que os objetivos das disciplinas sejam cumpridos.

Assim, perante esse raciocínio é de se esperar que os licenciandos participem dessas tarefas apenas para que sejam aprovados e possam ser aceitos pela academia como mais um membro do grupo e sejam vistos como capazes de desenvolver bem o direito que o diploma lhes concede. Esse comportamento muitas vezes refere-se a condutas inconscientes e pode ser explicado por mecanismos fundamentados na psicanálise:

Às vezes o estudante, na tentativa de agradar ao professor, tenta reproduzir o discurso deste, sem

ter se apropriado do significado do mesmo. O professor não consegue perceber a situação e cai na tentação narcisista de considerar-se modelo de produção de conhecimento, aceitando que o aluno repita este mesmo modelo. O professor pensa ter executado sua tarefa com sucesso e o aluno vê satisfeito seu desejo de agradar ao professor e de ser por ele recompensado. Entretanto, nas primeiras situações, um pouco diferentes, o saber espontâneo do estudante volta a surgir, desaparecendo os vestígios de aprendizagem. (VILLANI *et al.*, 1997, p. 47-48)

Em outra pesquisa de campo (VILLANI, FRANZONI e VALADARES, 2008), os autores argumentam que os alunos que participaram da investigação pareciam ter a expectativa de obter por meio da disciplina de Prática de Ensino de Física e Biologia um receituário metodológico para um ensino efetivo, que assegurava aprendizagem daquilo que estava sendo posto. A busca de receitas de ensino por licenciandos e por muitos professores em exercício não é nada nova, e pode ser presenciada sem muita dificuldade por docentes que trabalham tanto nas graduações quanto nas extensões (como formação continuada), e até na pós-graduação, seja *lato* ou *strictu sensu*.

Embora ensino e pesquisa não sejam atividades necessariamente relacionadas, nossas observações parecem indicar que o campo denominado hoje de “ensino de” não é visto como área relevante de investigação pelos colegas da academia, dos departamentos de Física, das instituições de ensino superior, para os quais a prática de “ensino de Física” não vincula em seu ofício uma *práxis*, se constituindo apenas como uma prática não reflexiva que objetiva reproduzir uma *didática tradicional*.

Há tendência para considerar o aluno como sujeito passivo e o professor como essencialmente um profissional do ensino transmissivista? Segundo Linhares e Reis (2008), muitos professores em exercício se apóiam no ensino por transmissão e recepção passiva por parte do aluno e essa realidade precisa ser transformada em direção a um saber complexo e investigativo (LINHARES, REIS, 2008). Essas características parecem sempre estar atreladas à compreensão de uma *didática tradicional*.

BORGOBELLO, Ana; PERALTA, Nadia; ROSELLI, Nestor. El Estilo Docente Universitario en relación al tipo de clase y a la disciplina enseñada. Lima/Peru, **Liberabit**, v. 16, n. 1, p. 7-16, 2010.

BOSCH, Marianna; GASCÓN, Josep. Twenty-Five Years of the Didactic Transposition. **ICMI Bulletin**, n. 58, p. 51-65, 2006.

BOSCH, Marianna. CHEVALLARD, Yves; GASCÓN, Josep. Science or Magic? The use of models and Theories in Didactics of Mathematics. p. 1254-1263. **CERME**, 2005.

BRAGA, Marco; GUERRA, Andreia; REIS, José Cláudio. O papel dos livros didáticos franceses do século XIX na construção de uma concepção dogmático-instrumental do ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 507-522, 2008.

BRASIL, **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei nº 9.394, de 20/12/1996.

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

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BRASIL, Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares para os cursos de Bacharelado e Licenciatura em Física**. Brasília: MEC, CNE, 2002.

BRASIL, Conselho Nacional de Educação. **CNE/CES 1304/2001. Parecer às Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Física**. Brasília: MEC, CNE, 2001.

BRESCIA, Amanda T.; COSTA, José W.; GROSSI, Márcia G. R. Redes Sociais Digitais: do surgimento à utilização educacional. In: **V Seminário Internacional de Educação à distância**. Belo Horizonte: UFMG, 2 a 4 de setembro 2013. p.789-794.

BROUSSEAU, Guy. Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. **Recherches em Didactique des Mathématiques**, v. 7, n. 2, 1983.

BECKER, Fernando. Aprendizagem – concepções contraditórias. **Schème – Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas**, v. 1, n. 1, p. 53-73, 2008.

BECKER, Fernando. **A Epistemologia do Professor: o cotidiano da escola**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1993. 344p.

BECKER, Fernando. O que é Construtivismo? In: <http://www.pead.faced.ufrgs.br/sites/publico/eixo6/psicologiaii/construtivismo.html>.

Sem data-a. Acessado em 10/10/2013.

BECKER, Fernando. Modelos Pedagógicos e Modelos Epistemológicos. In: <http://www.marcelo.sabbatini.com/wp-content/uploads/downloads/2012/03/becker-epistemologias.pdf>. Sem data-b. Acessado em 20/03/2012.

BEJARANO, N.R.R. **Tornando-se professores de física: conflitos e preocupações na formação inicial**. 300f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo 2001.

BISHOP, Alan J. Mathematical Acculturation, cultural conflicts, and transition. In G. de Abreu, A. J. Bishop and N. C. Presmeg (Eds). **Transitions between contexts of mathematical practices**. p.193-212. Dordrecht, Holland: Kluwer Academic Publishers Kluwer, 2002.

BONOTTO, Dalva Maria Bianchini; SEMPREBONE, Ângela. Educação Ambiental e Educação em valores em livros didáticos de ciências naturais. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 1, p. 131-148, 2010.

BORDIEU, Pierre. **A Distinção: crítica social do julgamento**. São Paulo: Edusp; Porto Alegre, RS: Zouk, 2008. 556p.

BORDIEU, Pierre. NOGUEIRA, Alice Nogueira; CATANI, Afrânio. (Orgs.). **Escritos de Educação**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2010. p. 35-38. Originalmente publicado como *Méthode scientifique et hiérarchie sociale des objets* em *Actes de la recherche en sciences sociales*. Paris, France, n. 1, p. 4-6, 1975.

BORDIEU, P. A escola conservadora: as desigualdades frente à escola e à cultura. In: BORDIEU, P. **Escritos de Educação**. Organizado por Maria Alice Nogueira e Afrânio Catani. p.41-64. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010. Originalmente publicado em francês em *Revue Française de Sociologie*, Paris, v. 7, n. 3, p.325-347, 1966.

A CULTURA DE ORIGEM

Em 2004, Milicic defendeu a tese de que as culturas específicas de um campo acadêmico são fortes influenciadoras dos hábitos docentes mesmo quando outra esfera social, que não a da formação básica denominada como *cultura de origem*, contextualize a atividade profissional.

Tendo como objeto de pesquisa distintas áreas do campo universitário, a pesquisadora argumenta que ao ser incorporado em um seletivo grupo acadêmico, o indivíduo passa a se constituir e a aceitar muitas vezes inconscientemente os valores, as crenças, as normas e os comportamentos ali socializados.

Segundo Bordieu (1975), “a hierarquia dos objetos legítimos, legítimos ou indignos é uma das mediações através das quais se impõe a *censura* específica de um campo determinado” que se impõe definindo as “coisas boas de se dizer” e os “temas dignos de interesse” (p. 35); os critérios de excelência se manifestam como produtos a serem conquistados e com os quais é possível alcançar posições de enquadramento e de prestígio dentro da academia. Para Bordieu (1975), “a referência à hierarquia de valores está objetivamente inscrita nas práticas e, em particular, na luta da qual essa hierarquia é o objeto de disputa e que se exprime em julgamentos de valor” (p. 36).

Dessa forma, os indivíduos pretendentes a uma posição dentro da instituição entram em contato não somente com um *saber a ser ensinado* (CHEVALLARD, 2009), mas acabam desenvolvendo um “bom gosto” (BORDIEU, 1966; 2008) atribuído pela *cultura de origem* (MILICIC, 2004), sem o qual não seria possível ao menos compreender em muitos aspectos as regras impostas pelo *ethos* do campo almejado (BORDIEU, 1966). Com essa perspectiva, Milicic et al. (2008) afirmam que ao ser inserida em sala de aula, a cultura acadêmica modela o pensamento do professor.

O sentimento de pertencimento a uma *tribo acadêmica* (BECHER, 2001), pode se manifestar de diversas formas: através de ídolos, de objetos próprios do campo, ou pela linguagem (ibid., 2001). Em se tratando da manifestação por meio de ídolos, Clark (1980 *apud* BECHER, 2001, p. 42) afirma:

A cultura da disciplina inclui ídolos: no escritório do físico as paredes e as capas dos livros que são mantidas à vista mostram as imagens de Albert Einstein, Max Planck e Robert Oppenheimer, e no do sociólogo, as de Max Weber, Karl Marx e

Emile Durkheim.

Com relação à manifestação através dos objetos próprios do campo, Becher (2001, p. 42) observa:

No escritório de um químico se exibem normalmente modelos tridimensionais de complexas estruturas moleculares, as paredes de um antropólogo estão geralmente decoradas com tapeçarias coloridas e amplas reproduções fotográficas de belas pessoas negras, enquanto que um matemático não pode vangloriar-se mais que uma lousa rabiscada com símbolos algébricos.

Mas, segundo Becher (2001), é na linguagem que se manifestam “as diferenças mais fundamentais”. A análise da linguagem, por meio do discurso de uma disciplina, pode revelar suas características culturais, inclusive as formas com que se desenvolvem as argumentações específicas e as visões epistemológicas com as quais trabalhos e condutas são avaliados (BECHER, 2001, p. 42). Assim, Becher afirma que há expressões e palavras próprias da área, que identificam se as características usuais do campo foram assimiladas pelos indivíduos.

No entanto, não se trata somente de uma adaptação ou de uma simples submissão a certas regras. Há toda uma preparação para que ele seja aceito como membro autêntico do grupo, o que demanda o esforço para passar pelos olhares críticos das avaliações institucionais.

Segundo Milicic (2004), os egressos, durante sua vida profissional, são constantemente submetidos a avaliações a fim de se comprovar que os mesmos “cumpram os requisitos que são exigidos” para que continuem sendo considerados como legítimos membros de certa cultura acadêmica (MILICIC, 2004, p. 127).

Para Lenoir (2003), as instituições “guiam, habilitam e constroem” (p. 12). As instituições científicas não são abstrações teóricas e desincorporadas, mas lugares para coordenação e incorporação de habilidades (LENOIR, 2003, p. 12).

Pessoas que não têm a cultura requerida, carecendo tanto do conhecimento explícito quanto do conhecimento tácito a respeito do modo como funciona a instituição esbarram-se contra paredes de concreto: eles percebem a instituição como uma força que disciplina, oprimindo-as (no

BACHELARD, Gaston. **O Novo Espírito Científico**. In: Os pensadores, p. 90-179. São Paulo: Abril Cultural, 1979b.

BACHELARD, Gaston. **O Novo Espírito Científico**. São Paulo: Abril Cultural, 1978a.

BACHELARD, Gaston. **A Filosofia do Não: Filosofia do Novo Espírito Científico**. São Paulo: Abril Cultural, 1978b.

BACHELARD, Gaston. **O materialismo racional**. Tradução do original de 1953. Lisboa: edições 70, sem data.

BARCA, Lacy. As múltiplas imagens do cientista no cinema. **Comunicação & Educação**, v. 10, n. 1, p. 31-39, 2005.

BATISTA, Marcus Vinicius de Aragão; CUNHA, Marlécio Maknamara da Silva; CÂNDIDO, Alexandre Luna. Análise do tema virologia em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. **Revista Ensaio**, v. 12, n. 1, p. 145-158, 2010.

BATISTETI, Caroline Belotto; ARAÚJO, Elaine Sandra Nicolini Nabuco; CALUZI, João José. Os experimentos de Griffith no ensino de biologia: a transposição didática do conceito de transformação nos livros didáticos. **Revista Ensaio**, v. 12, n. 1, p. 83-100, 2010.

BAYIR, Eylem; CAKICI, Yilmaz; ERTAS, Ozge. Exploring Natural and Social Scientists' Views of Nature of Science. **International Journal of Science Education**, 2013.

BAZZUL, Jesse; SYKES, Heather. The secret identity of a biology textbook: straight and naturally sexed. **Cultural Studies of Science Education**, v. 6, n. 2, 2011.

BECHER, Tony. **Tribus y territorios académicos: la indagación intelectual y las culturas de las disciplinas**. Barcelona/Espanha: Editora Gedisa, 2001. 256p.

BECKER, Fernando. **A Epistemologia do Professor de Matemática**. São Paulo: Editora Vozes, 2012. 496p.

BECKER, Fernando. O que é construtivismo. In: UFRGS – PEAD 2009/1 Desenvolvimento e Aprendizagem sob o enfoque da Psicologia II. Disponível em: http://livrosdamara.pbworks.com/f/oquee_construtivismo.pdf. Acessado em 02/03/2010.

ASSIS, Alice; TEIXEIRA, Odete Pacubi Baiarl. Algumas reflexões sobre a utilização de textos alternativos em aulas de Física. In: **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC**. Bauru, SP: 25 a 29 de Nov. 2003.

ATAÍDE, Márcia Cristiane Eloi Silva; SILVA, Márcia Gorette Lima; DANTAS, Josivânia Marisa. Experimentos nos livros didáticos: aspectos relacionados a segurança e os rejeitos químicos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 61-78, 2009.

AULER, Décio. GRIEBELER, A.; GIACOMINI, A.; SCHENEIDER, C.V.; MUENCHEN, C.; SANTINI, E.; FORGIARINI, M. S.; STRIEDER, R. B.; GEHLEN, S. T. Intervenções curriculares pautadas pela abordagem temática: busca de interações entre ciência-tecnologia-sociedade. **IV Encontro ibero-americano de coletivos escolares e redes de professores que fazem investigação na sua escola**. Lajeado/RS: UNIVATES, 2005.

ÁVILA, Fausto Tomás Pinelo. Estilos de Enseñanza de los Profesores de la Carrera de Psicología. México, **REMO**, v. 5, n. 13, p. 17-24, 2008.

ÁVILA, Fausto Tomás Pinelo. Estilos de Enseñanza de los Profesores de la Carrera de Psicología. **Revista Mexicana de Orientación Educativa**, v. 5, n. 13, p. 17-24, 2007.

AYDENIZ, Mehmet; HODGE, Lynn Liao. Is it dichotomy or tension: I am a scientist. No, wait! I am a teacher! **Cultural Studies of Science Educational**, v. 6, p. 165–179, 2011.

BACHELARD, Gaston. **Idealismo Discursivo**. In: BACHELARD, G. Estudos. p. 77-86. Rio de Janeiro: Contraponto, 2008a, 1ª ed. 86p.

BACHELARD, Gaston. **Número e Microfísica**. In: Estudos. p. 55-65, 1ª ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2008b. 86p.

BACHELARD, Gaston. **A Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BACHELARD, Gaston. **A Psicanálise do Fogo**. São Paulo: Martins Fontes, 1994. 171p.

BACHELARD, Gaston. **A Filosofia do Não – Filosofia do Novo Espírito Científico**. In: Os pensadores, p. 1-87. São Paulo: Abril Cultural, 1979a.

caso daqueles sobre os quais a disciplina é praticada de forma negativa ou daqueles que são sistematicamente excluídos do seu acesso) ou gerando e organizando a competência (para aqueles que esperam se tornar iniciados na instituição). LENOIR, 2003, (p. 12)

Aqueles que são disciplinados na instituição, entretanto, não vêm com clareza os processos dinâmicos dentro dos quais foi formado. Em outros termos, esses “processos dinâmicos pelos quais as instituições que constituem e apóiam a ciência são formadas” tornam-se “invisíveis para aqueles que têm a cultura requerida” (LENOIR, 2003, p. 13).

O pesquisador analisa o desenvolvimento de disciplinas e da instituição científica como sítio para a construção e sustentação de formas de identidade social e cultural (p. 14) e argumenta que “o esforço por construir disciplinas é simultaneamente o esforço por inscrever estruturas de apoio que sustentam uma cultura” (p. 35).

Lenoir (2003) aponta que “a identidade disciplinar forma a identidade vocacional (...), estabelecendo problemas e definindo ferramentas para abordá-los”, de tal forma que se estabelecem os limites entre especialista e amadores (p. 65). O autor define a noção de *disciplina* como “formação institucionalizada para organizar esquemas de percepção, apreciação e ação, bem como para inculcá-los como ferramentas de cognição e comunicação” (p. 65); em continuidade, em outro trecho de sua obra, ele afirma que “disciplinas são estruturas dinâmicas para compor, canalizar e repetir as práticas sociais e técnicas essenciais ao funcionamento da economia política e do sistema de relações de poder que a realiza” (p. 66).

É por meio da concepção da existência de uma internalização de padrões de discurso, de estruturas de conhecimento e de modos de prática que Lenoir (2003) apresenta a discussão em torno das disciplinas. Dessa forma, ele considera as disciplinas como “estruturas essenciais para sistematizar, organizar e incorporar as práticas sociais e institucionais das quais dependem tanto o discurso coerente quanto o exercício legítimo do poder” (p. 67). O autor afirma: “é preciso evitar tratar os conteúdos do conhecimento independentemente das suas formas institucionalizadas” e que “os problemas de produção de conhecimento e da determinação de conteúdo (...) estão investidos de interesse político e controle social” (p. 70).

Todavia, a arqueologia foucaultiana, para Lenoir (2003) não dá

conta de explicar a origem das disciplinas, pois, “os esforços persistentes de pesquisadores singulares e mesmo de grupos singulares de pesquisadores no mesmo campo são insuficientes para fundar disciplinas” (p. 71-2). Ele recorre, então, ao conceito de *capital cultural* que é atribuído para os pesquisadores cujo crédito no campo científico é capaz de lhe fornecer o reconhecimento de competente na produção de bens científicos. A competência é considerada, portanto, a capacidade de produção de bens científicos cujo reconhecimento social autoriza o pesquisador a discursar a respeito dos objetos da ciência. Assim, ele afirma: “uma vez que isso é entendido, torna-se claro que as disciplinas não são necessariamente as histórias de sucesso de teorias ou programas de pesquisa particularmente poderosos” (p. 77), e que “as condições para o sucesso de um programa disciplinar residem apenas parcialmente nos recursos de sua base de pesquisa” (p. 78).

A busca de internalização de padrões é, pois, efetuada por diversas frentes institucionais; desde suaves coações (FLECK, 2010) até o exercício repressivo daqueles que hierarquicamente podem fazê-lo. Entretanto, Lenoir (2003) ao se utilizar da noção de controle e policiamento, não o faz no sentido da presença de elementos externos ou repressivos, mas como a formação de um discurso regular historicamente condicionado onde coexistem diversas afirmações que co-produzem objetos e conceitos.

Assim, nessa perspectiva de constituição psíquica humana, somos uma espécie de indivíduo que tenta se equilibrar entre estados mentais, sentimentos e hábitos que ora são sustentados pelo ser individual que existe em nós, ora pelo ser coletivo socialmente incorporado. O que remete ao argumento de que as racionalidades que se utilizam apenas de uma dessas partes não é senão a amputação do sujeito como um todo. Nesse sentido, Fauconnet (2009) afirma: “Estamos tão acostumados a opor a sociedade ao indivíduo, que toda a doutrina que faz um uso frequente da palavra sociedade nos parece sacrificar o indivíduo”. E conclui: “Também aqui nos equivocamos” (p. 18).

Para Fauconnet (2009), Durkheim, ao definir educação, “em momento algum menospreza ou subestima o papel e o valor do indivíduo”, de tal forma que ele afirma que “é possível individualizar socializando” (p. 19). Contudo, o sociólogo francês argumenta que a ideia de mundo físico, de Homem não são inatas ao espírito humano, mas têm uma história, “foram se construindo, pouco a pouco, no decurso da evolução da civilização (...) pelo desenvolvimento das ciências físicas e morais” (p. 32). Sendo assim, ele afirma que “um bom espírito é

ANGOTTI, José André Peres. Desafios para a formação presencial e a distância do físico educador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 143-150, 2006.

ANGOTTI, José André Peres. Conceitos Unificadores e Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 15, n. 1-4, p. 191-198, 1993.

ANGOTTI, José André Peres. **Fragments e Totalidades no Conhecimento Científico e no Ensino de Ciências**. Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da USP, 1991.

ARANTES, Alessandra Riposati; MIRANDA, Márcio Santos; STUDART, Nelson. Objetos de aprendizagem no ensino de Física: usando simulações PhET. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, p.27-31, 2010.

ARAÚJO, Sidney Maia; SILVA, Fábio Wellington Orlando. A teoria ondulatória de Huygens em livros didáticos para cursos superiores. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 2, p. 323-341, 2009.

ARAÚJO NETO, Waldmir Nascimento; SANTOS, Joana Mara Teixeira. História da Química e sua apropriação pelo currículo escrito – a noção de valência nos livros didáticos de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 3, p. 1-12, 2001.

ARCANJO-FILHO, Miguel; MARTINS, Karla; GUTTMANN, Gustavo; BRAGA, Marco. Uma pesquisa exploratória sobre questões epistemológicas no ensino das ciências. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC**. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), nov. 2009.

ARRUDA, Sérgio de Mello; UENO, Michele Hidemi. Sobre o ingresso, desistência e permanência no curso de Física da Universidade Estadual de Londrina: algumas reflexões. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 159-175, 2003.

ARRUDA, Sérgio de Mello; LABURÚ, Carlos Eduardo. Considerações sobre a função do experimento no ensino de ciências. In: NARDI, Roberto (Org.). **Questões Atuais no Ensino de Ciências**. São Paulo: Escrituras, 1998. p.53-60.

ARTIGUE, M.; BOSCH, M.; GASCÓN, J. Research praxeologies and networking theories. In: http://www.cerme7.univ.rzeszow.pl/WG/16/CERME7_WG16_Artigue.pdf. Acessado em 20/07/2013.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE DE CARCER, I. Dificultades en la comprension de las explicaciones de los libros de texto de física. **Enseñanza de las Ciencias**, p. 92-98, 1983.

ALMEIDA, Maria José P. M.; SORPRESO, Thirza Pavan. Dispositivo analítico para compreensão da leitura de diferentes tipos textuais: exemplos referentes à Física. **Pro-Posições**, v. 22, n. 1, p. 83-95, jan./abr. 2011.

ALMEIDA, Argus Vasconcelos; FALCÃO, Jorge Tarcísio da Rocha, As teorias de Lamarck e Darwin nos livros didáticos de Biologia no Brasil. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 3, p. 649-665, 2010.

AMARAL, Carmem Lúcia Costa; XAVIER, Eduardo da Silva; MACIEL, Maria DeLourdes Maciel. Abordagem das relações Ciência/Tecnologia/Sociedade nos conteúdos e funções orgânicas em livros didáticos de Química do ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, V. 14, N. 1, p. 101-114, 2009.

ANDERSON, Ronald D. Reforming science teaching: what research says about inquiry. **Journal of Science Teacher Education**, v. 13, n. 1, p. 1-12, 2002.

ANDRADE, Beatrice L.; ZYLBERSZTAJN, Arden; FERRARI, Nadir. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **Ensaio – pesquisa em educação em ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-11, 2002.

ANGOTTI, José André Peres. Depois de mais de cem anos sem revolução científica, física (e ciências da natureza) ainda é (são) cultura? In: **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação Científica**. Campinas, SP: UNICAMP, 5 a 9 de dez. 2011.

ANGOTTI, José André Peres. Alfabetização Científica e Tecnológica na era digital e desafios inéditos para a formação docente. In: **60ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**. Unicamp. Campinas, São Paulo, 13 a 18/07/2008. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/60ra/textos/SI-JoseAngotti.pdf>. Acesso em 10/04/2015.

ANGOTTI, José André Peres. Cem anos sem revolução científica. In: **X Encontro Nacional de Ensino de Física**. Sociedade Brasileira de Física. Londrina: UEL, p.1-10, 2006.

aquele no qual as ideias mestras, que regem o exercício do pensamento, estão em harmonia com as ciências fundamentais, tal como estão atualmente constituídas” (p. 32). Além disso, também afirma que o espírito deve ser *formado* e não *enchido* (p. 33). A gênese do espírito, para Durkheim (2009) pode ser guiada pela ciência das condutas humanas; nesse sentido, os trabalhos dos pedagogos não são “modelos a imitar”, nem “fontes de inspiração, mas documentos sobre o espírito do tempo” (p. 131), pois refletem os hábitos de uma época de nossa história.

Ora, os hábitos de um tempo não enraízam sentimentos de verdade, intrínsecos ao período vivenciado? Pois se temos em vista uma visão global do processo de enculturação, é preciso acrescentar os procedimentos de desobstrução dos afetos ligados a uma cultura primeira, como argumenta Bachelard (1996, 1978a, 1978b). Contudo, os afetos primeiros muitas vezes não são conhecidos pelos seus próprios portadores, o que traz para discussão estudos que se relacionam com as subjetividades humanas. Bachelard (1978a) propõe uma *psicanálise do conhecimento*, com a qual uma catarse intelectual e afetiva se faz necessária, tendo em vista o questionamento de concepções duvidosas afloradas e a criação de sentidos para outras noções, mais próximas das científicas.

Segundo Ávila (2008), os docentes parecem desconhecer seus estilos de ensino e trabalham por meio de um processo inconsciente no qual reproduzem valores e normas que de alguma forma explicam suas ações (também chegaram a esta conclusão MILICIC *et al.*, 2007). Como afirmam Borgobello, Peralta e Roselli (2010) ao citar a pesquisa de Ávila (2007): “A maioria dos docentes desconhece seu próprio estilo de ensino, atuando de uma maneira “automática” já que suas práticas lhes parecem “naturais” (p. 9). Assim, é preciso de alguma forma fazer com que haja reflexão sobre nossas próprias práticas cotidianas.

Comparando o ensino com a pesquisa, Milicic *et al.* (2007) afirmam: “se transmite conscientemente o conhecimento adquirido no âmbito da investigação aos mais jovens, mas a formação didática como professores está totalmente abandonada e se realiza inconscientemente, mediante imitação de atuação de forma acrítica” (p. 273).

A CULTURA DOS FÍSICOS

Com relação à tradição da física, Milicic *et al.* (2007) notam que essa reprodução de práticas inconscientes acaba se constituindo como parte da cultura dos físicos, determinando as ações docentes em sala de

aula como, por exemplo, a concepção dos professores que participaram de suas pesquisas de que “as competências pedagógicas e didáticas se adquirem cientificamente”, o que justificaria a compreensão de que a formação didático-pedagógica não é necessária, já que esta não teria o status comumente atribuído às ciências (MILICIC et al., 2007, p. 273).

Trazendo à discussão do ensino de ciências nas escolas e universidades, pesquisas apontam que o processo de enculturação científica é uma “condição fundamental para que indivíduos participem de forma crítica e consciente” da sociedade contemporânea (CARVALHO, 2007, p. 28). Isso tem feito com que vários grupos de pesquisa se dedicassem a projetos a fim de ações que objetivam inovações curriculares para levar os alunos à enculturação científica. Entre os temas abordados pelos projetos estão as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Entretanto, a autora salienta que a mudança só poderá ocorrer se novas habilidades de ensino forem desenvolvidas pelo professor para que este dê conta de trabalhar as propostas didáticas inovadoras.

Todos esses aspectos pertencem à esfera da inovação didática do ensino atual e correspondem ao processo de enculturação dos alunos, inclusive dos universitários, e também dos professores, também universitários. Afinal, de onde se deve começar?

Apesar da plausibilidade das considerações de diversos autores com relação à necessidade do desenvolvimento de um processo de enculturação por parte do aluno e também do professor, se faz necessário observar que há em contraposição, o processo de aculturação. Os termos têm origem em estudos da antropologia e foram introduzidos por Bishop (2002) em estudos de educação matemática; assim, enquanto enculturação é entendido como um processo interativo entre os membros de uma cultura, aculturação “é um processo de modificação de uma cultura através de contatos contínuos com outra cultura” (REIS, FRADE, sem data, p. 3).

Além disso, se também consideramos que os resultados das pesquisas que inferem que os futuros professores estão sendo influenciados desde o primeiro contato com as escolas, como aluno, e que esta influência se enraíza de tal forma em sua cognição e em seus sentimentos profissionais, a formação de gerações críticas é ainda mais complexificada, porque ela teria a necessidade de adentrar ao debate das mudanças conceituais que aconteceu há mais de uma década, mas que ainda pode ser posta como uma questão atual, no sentido de que ela não obteve mais que sugestões de explicações dos “fracassos” que obteve.

Em outras palavras, o que estamos expondo é que se as pesquisas

devem estar presentes nessa nova modalidade de ensino, norteando uma nova formação didático-pedagógica.

encontradas na literatura da área, cujos resultados indicam que as experiências vividas como estudantes, no decorrer do trajeto escolar, influenciam a visão e comportamento do professor, mesmo tendo passado por toda a vida acadêmica, há novas variáveis que precisam ser buscadas para que haja uma compreensão mais clara de como currículos e programas de ensino podem lidar com essa atual realidade.

De todo modo, não nos parece sensato negar que os estudos e as experiências vivenciadas no curso de formação de professores, também sejam potenciais influenciadores das concepções e ações dos professores. Essa hipótese pode ser reforçada na medida em que se percebe que a docência no Ensino Básico é praticada efetivamente por aqueles que frequentaram os cursos universitários e que, portanto, muito ou pouco, incorporaram uma cultura didática por sua vez reproduzida. Assim, nosso recorte de pesquisa tem origem na própria estrutura da física nos cursos universitários, mais exatamente, nos ciclos básicos. E nossas questões resultam de vivências que tivemos enquanto docente e de leituras de pesquisas que apontavam os conflitos comumente encontrados entre indivíduos de distintos campos acadêmicos. Estamos, finalmente, nos referindo à tradição da física, conforme é apresentada aos estudantes nos cursos universitários, e às consequências dessa formação.

Mas se trata de que tradição? Quais são suas normas ou regras, seus métodos de investigação, e, por que não, de ensino? Quais as concepções sobre ensino aprendizagem do docente físico e que atribuições ele confere a suas atividades?

Fazendo alusão à cultura da física, Milicic (2004) se refere aos físicos como criadores de “conhecimento disciplinar, de saber sábio”, de “critérios axiológicos e deontológicos de atuação profissional” e de “modos de pensamento e de ação docente” (MILICIC, 2004, p. 127).

Nas palavras de Milicic:

Quando os estudantes obtêm o título de físicos, tem assumido inconscientemente os valores, as crenças e as normas e comportamentos de seus professores através de um caminho iniciático carregado de provas de grande exigência intelectual, de muitas horas de dedicação e de muito sacrifício, e ingressam com a satisfação emocional de quem tem superado uma dura e longa prova de seleção. (MILICIC, 2004, p. 127)

Segundo a pesquisadora, esse processo de enculturação acadêmica do professor de física é efetuado acriticamente com escassa justificação racional e sem contraposições com outras possibilidades de interpretação (MILICIC, 2004), tendo como consequência a forte influência das concepções da *cultura de origem*, mesmo quando se está inserido em contextos sociais que não coadunam com as visões intrínsecas à área da física, o que sugere uma revisão dos pensamentos e ações que estão além das conceituações do campo dos pesquisadores físicos (MILICIC *et al.*, 2007). Dessa forma, a “*cultura acadêmica* modela o pensamento do professor e, por sua vez, é refletida em sua prática áulica” (MILICIC *et al.*, 2008, p. 7), o que dificulta a construção de um diálogo com outros campos acadêmicos não somente em situações emergentes, mas durante as próprias atividades profissionais cotidianas.

Ao analisar distintos campos acadêmicos na Argentina, Milicic (2004) aponta algumas características do campo da física que, segundo ela, podem ser estendidas para outras regiões ou países, pois elas são constitutivas deste campo. Com esse sentido, Milicic *et al.* (2007), ao demonstrar a congruência dos próprios resultados com os de Becher (2001) afirmam:

Orienta a ideia de que as características descritas não são próprias do grupo entrevistado, podendo ser estendidas e associadas com uma cultura profissional que se manifesta também nos âmbitos acadêmicos internacionais, fazendo com que elas sejam mediadoras, orientadoras, legitimadoras e avaliadoras do pensamento e da ação dos professores de física universitários. (MILICIC, *et al.*, 2007, p. 282)

Uma delas é a sobrevalorização da pesquisa em detrimento do ensino: a “pesquisa aperfeiçoa” (p. 132), fornece “prestígio” (p. 136), enquanto a “docência degrada”, “estanca” (p. 132), e “não é importante” (p. 137) já que ela é uma “condição natural” (p. 143) e “não pode ser aprendida em cursos” (p. 143). Assim, um dos entrevistados afirma: “o prestígio do pesquisador é o prestígio do professor” (p. 136).

Milicic (2004) externaliza alguns desses resultados com as seguintes expressões:

- “*A primeira coisa para um físico é a pesquisa*”; “*a criação*

São recursos didáticos atuais que mudam o cenário de uma instrução pautada na educação tradicional justificada comumente pela estrutura e funcionalidade dos livros textos. Mais que adaptações ao mundo digital, tornam-se preponderantemente imprescindíveis à época, após as transformações tecnológicas da microeletrônica, óptica e comunicação, a Revolução Tecnocientífica (ANGOTTI, 2011, p. 3), “revolução não propriamente científica nem propriamente tecnológica, mas sim imbricada aos dois empreendimentos” (ibid., p. 8).

Na Universidade Federal de Santa Catarina, desde 1996, investigações mediadas pelas TIC têm sido realizadas com alunos de graduação e pós-graduação em Educação e Educação Científica e Tecnológica: “As TIC têm sido concebidas e utilizadas tanto como *meio*, quando da sua utilização fluente e criteriosa, e também como *fim*, ao apontar novos objetos e ambientes de ensino-aprendizagem” (ibid., p. 11).

O curso de Licenciatura em Física à Distância da UFSC¹⁰⁰ assinala no seu Projeto Político Pedagógico (PPP) produções próprias como bibliografia básica tanto para as disciplinas específicas como para outras necessárias para formação profissional, o que aponta para mudança no panorama no que tange à tradição do uso de livros textos veiculada há muitas décadas. Iniciativas desse tipo são necessárias no sentido de provocar ao longo de nossa história de formação docente rupturas com uma cultura desadaptada à realidade contemporânea.

No cenário contemporâneo da virtualização do real estamos desafiados na capacidade analítica quando enfrentamos o conjunto cognoscitivo imagem-objeto e não mais as imagens distintivas dos objetos anteriores (ANGOTTI, 2006, p.8).

Diante da revolução tecnocientífica, marcada pelas últimas décadas, os escritos epistemológicos e didático-científicos não dão conta deste novo cenário e “seus desdobramentos na Educação Científica e Tecnológica precisam ser exercitados” (ibid., p.1), pois como inovações oportunas na formação de professores e pesquisadores, fornecem um novo olhar para os materiais instrucionais que a tradição didática da Física não pode mais sustentar.

Considerando, portanto, os materiais instrucionais como fundamentais elementos formadores do professor, se faz oportuno nesse momento de nossa história, pensar sobre que questões são essenciais e

¹⁰⁰ É possível ter acesso ao curso de Licenciatura em Física da UFSC, na modalidade EAD, pela página da internet <https://ead.ufsc.br/fisica/>, assim como ao PPP.

nenhum tipo de restrição de acesso tanto do ponto de vista do conhecimento prévio como econômico;

- o formato de curso (course), com início e fim determinados, processos avaliativos, interação entre participantes, reelaboração de conhecimentos prévios e/ou produção de novos conhecimentos (DOWNES, 2013 apud RIEDO *et al.*, 2014).

Em 2007 inicia-se o primeiro trabalho com MOOC, por David Wiler, na Utah State University, e em 2011, por Sebastian Thrun, na Stanford University. Em 2012, 33 universidades envolvem mais de 1 milhão de alunos, mostrando o potencial didático deste modelo de ensino. No Brasil, sua utilização se inicia em 2012, na Universidade Estadual Paulista (UNESP), sendo desenvolvido também o MOOC-EAD pela Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP) e Associação Brasileira de Educação a Distância (ABED). “Em seguida, foram lançados outros MOOCs com certificação pela Universidade de São Paulo (USP) em parceria com o portal brasileiro Veduca (SCORTEGAGNA, SILVEIRA, 2014, p. 450).

O Khan Academy também é um exemplo de estratégia de ensino de nossa época.

Com sede em Mountain View, Califórnia, USA, a *Khan Academy* é uma organização sem fins lucrativos que disponibiliza gratuitamente uma vasta coleção de vídeos on-line para o ensino de matemática e ciências com temas que vão desde a álgebra e trigonometria para biologia e economia. Atendendo atualmente milhões de estudantes, educadores e auto-alunos em todo o mundo assistem aos vídeos e respondem a questões práticas. (SOUZA, MADUREIRA JUNIOR, SOUZA, 2013, p. 5)

MOOCs [e Khan Academy] são exemplos de conteúdos *online* disponíveis nas plataformas virtuais e que podem ser usados como auxílio para o processo de ensino e aprendizagem (SCORTEGAGNA, SILVEIRA, 2014, p. 450). Essas estratégias de ensino podem potencializar o ensino aprendizagem tanto quantitativamente quanto qualitativamente, ao promover o acesso a recursos educacionais de alta qualidade a custos baixos (WATERS, STUDER, BARANIUK, 2013).

é a meta” – “a única atividade profissional que os físicos consideram é a pesquisa” (p. 135).

- “*A docência estanca e a pesquisa aperfeiçoa*” – nota que nesta expressão há um viés que é típico dos físicos:

A pesquisa se justifica porque a docência estanca, degrada profissionalmente. Esta degradação se relaciona com o nível conceitual da matéria: é bem visto pelos colegas estar a cargo de cursos de doutorado, em um nível de menor importância se encontram as assinaturas do ciclo profissional da licenciatura, enquanto que ensinar em cursos de física básica não é importante, mas se considera que freiam o desenvolvimento profissional. (p. 135)

- “*O prestígio do grupo do pesquisador é o prestígio do professor*” – sobre esse ponto Milicic afirma:

A auto-exigência e a busca de excelência são dois valores característicos dos professores físicos, neles se alude exclusivamente a pesquisa, que se evidencia na competência, outro valor de sua subcultura. A excelência de um professor é a que ele tem como pesquisador no seio de um grupo de pesquisa ou de um instituto e se mede pelo número de artigos que tem publicado em certas revistas. Vemos que não se menciona o trabalho docente quando se trata de avaliar a excelência, a qualidade do próprio trabalho, o prestígio ou o próprio valor profissional, como estamos mostrando reiteradamente. (p. 136)

- “*É importante formar doutores porque são novos pesquisadores*” – a pesquisadora afirma:

Um físico considera importante a formação de doutores, ou seja, a enculturação de novas gerações na cultura do físico como pesquisador, e nunca como docente. Se transmite *conscientemente* o conhecimento adquirido no âmbito da pesquisa aos mais jovens, mas a formação didática como professores está totalmente abandonada e se realiza

inconscientemente, mediante imitação de atuação de forma acrítica. O modelo de formação profissional é o do artesanato medieval, que forma os aprendizes “*levando-lhes sua experiência*”. (p. 137)

- “A docência na licenciatura não é importante” – Milicic (2004) afirma:

A docência na licenciatura é considerada como um mal necessário, cujo objetivo é detectar os melhores alunos com o fim de fazer com que se interessem e se integrem ao grupo de pesquisa ao qual pertence o professor. É outra clara evidência da depreciação da atividade docente. (p. 137)

Além desses pressupostos, Milicic (2004) organiza as concepções didáticas dos físicos classificando-as de acordo com as seguintes concepções:

- “Ser um bom professor é inato” – notando que “esta concepção é comum na maioria dos professores universitários” e que é por esta razão, “que a formação pedagógica dos professores universitários em muitas ocasiões tem sido levada em consideração” (p. 139).
- “Um bom professor é aquele que tem muita experiência” – a autora afirma: “a sólida formação profissional inclui os anos como docente, o domínio os conteúdos específicos e ser um bom pesquisador. Em todo caso as atividades de formação didática estão fora desta “formação profissional” (p. 139).
- “Um bom professor deve pesquisar” – a autora afirma: “a docência em si mesma é considerada atividade ‘de baixo nível’: um professor universitário que não pesquisa é considerado um docente de uma escola secundária, sem pesquisa a universidade não tem nível. (...). O trabalhar na profissão é sinônimo de fazer pesquisa” (p. 139).
- “Um bom professor deve saber muito” – a autora observa que esta concepção reflete claramente a valorização do conhecimento específico em detrimento do conhecimento pedagógico.

é possível encontrar em uma página da internet⁹⁹ um endereço com inúmeras simulações de Química, Biologia e Matemática, provenientes deste projeto.

Projetos como o PhET tendem a modificar concepções sobre materiais didático-pedagógicos, influenciando possivelmente em novas tentativas de planejamentos de ensino, distintos dos tradicionalmente veiculados e protagonizados pelos livros textos comumente empregados.

O grupo do PhET elabora as simulações de acordo com entrevistas realizadas com diversos estudantes. Estas “são fundamentais para o entendimento de como eles interagem com simulações e o que as tornam efetivas educacionalmente” (ARANTES, MIRANDA, STUDART, 2010, p. 29). Portanto, além da própria didática inovadora proposta pela atividade de simulação digital, a estratégia de ensino procura interagir com o estudante tendo-o como principal elemento a ser contemplado no processo, tal como consideram as modernas teorias de ensino aprendizagem.

Os ambientes virtuais de ensino aprendizagem (AVEA) são representativos de uma era em que novas oportunidades didáticas surgem, potencializando o acesso ao conhecimento. Segundo De Bastos, Alberti e Mazzardo (2005), os AVEA podem proporcionar um ensino pautado na dialogicidade e na problematização, “fazendo com que sejam críticos e investigadores de sua prática” (p. 2).

Em 2007, surge mais um modelo de utilização de tecnologias para EAD, o Massive Open Online Course (MOOC). “A denominação MOOC foi cunhada por George Siemens e Stephen Downes professores da Athabasca University, no Canadá” (MALLMANN *et al.*, sem data). Esta modalidade aparece como uma reforma no ensino e uma revolução na aprendizagem de tal forma que o The New York Times considerou o ano de 2012 como “o ano do MOOC”, e os pesquisadores chineses como o “ano do MOOC chinês” para 2013 (CHAI, YANG, 2014).

Esta nova modalidade envolve como conceitos:

- o oferecimento a um público amplo (massive), que favorece justamente a amplitude geográfica, porém dependendo do acesso à rede mundial de computadores (web);
- a “abertura” (open), que pode levar à democratização do conhecimento, disponibilizando uma formação diferenciada, sem

⁹⁹ https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics/motion

As atividades “em prol da apreensão de uma cultura educacional midiática” (ibid., p. 3) devem ser apoiadas pelas “Políticas públicas da União, pelas licenciaturas das áreas de ciências da natureza e matemática, pela UAB, REUNI e CEFETs e vários programas de formação continuada, articuladas às esferas estaduais, municipais e organizações sociais” (ibid., p. 3).

A escola dos anos atuais é ao mesmo tempo influenciada e influenciadora ao ser caracterizada pela exigência de inovações curriculares e prático-pedagógicas. O cotidiano de muitos estudantes é marcado pelo uso de “páginas da internet, documentos *on line*, áudios e vídeos, (...) bibliotecas virtuais como fontes de pesquisa e não apenas por livros impressos como antes era a realidade” (BRESCIA, COSTA, GROSSI, 2013, p.792).

As tecnologias da informação têm influenciado várias camadas da vida em sociedade, chegando às instituições escolares de diversas formas. É o caso dos *ambientes virtuais de ensino-aprendizagem (AVEA) e de blogs empregados para produção e veiculação de informações e conhecimentos* (COSTA et al., 2013, p. 905).

Contudo, a evidência maior de seu uso, na atualidade, se encontra nas redes sociais digitais e nas suas possibilidades educativas. As redes sociais vêm atraindo milhões de pessoas em um “frenesi” de comunicação “*Just in time*” efetivado, através dos dispositivos móveis. De crianças a adultos o acesso às redes sociais como Facebook, Instagram ocorre, intensamente, tanto com a finalidade de contato social, quanto para o uso de estratégias de marketing econômico e político e, também, para a criação de ambientes de negócios, através das redes; dessa forma, a escola não pode perder de vista, a importância do uso da interatividade que pode ser viabilizada com finalidades educativas. (COSTA ET al., 2013, p.905)

Uma das possibilidades de inovação que pode ser relacionada com essa Era Digital é aquela que propõe atividades de simulação computacional para ensino aprendizagem de ciências. Podemos citar o Physics Educacional Technology (PhET), da Universidade do Colorado. Trata-se de um projeto de ensino de Física que faz uso de simulações interativas. Apesar do título do projeto indicar somente a área da Física,

- “Um bom professor deve transferir suas experiências aos estudantes”.
- “Um bom professor deve ser um bom comunicador”. A autora afirma que essa concepção aponta que ser um bom comunicador é uma característica inata no professor.
- “Transmitindo seu entusiasmo pela física os alunos aprendem”.
- “As boas relações humanas facilitam a aprendizagem” – sobre esse ponto a autora nota que há interesse por boas relações principalmente com alunos dos primeiros anos, “para facilitar a enculturação dentro dos grupos de pesquisa” (p. 142).

Com relação às concepções sobre “ser um bom aluno”, Milicic (2004) elabora a seguinte classificação:

- “Alto nível de exigência” – a autora explica que essa caracterização significa que se espera do aluno que ele tenha as melhores notas e seja esperto ou inteligente.
- “Interesse e Inquietude são características de um bom aluno”.
- “Um bom aluno deve possuir uma mínima capacidade intelectual”.
- “Um bom aluno deve ser modesto e reconhecer que sabe pouco”.
- “Um bom aluno deve dedicar sua vida à aprendizagem (sacrifício) – a autora afirma: “nestas duas [últimas] concepções se reflete o alto nível e auto-exigência que se espera dos estudantes, considerando a Física por sobre todas as outras” (p. 144).

A tese de Milicic tem como uma das referências a pesquisa de Becher (2001), que tem o objetivo de analisar acadêmicos em distintas disciplinas, tendo como pressuposto a consideração de que elas (as disciplinas) são comunidades não somente epistemológicas, mas também sociais.

Segundo Milicic (2004), “a cultura de origem dos físicos tem sido

bem caracterizada” nos estudos de Becher (2001) e estes podem ser tomados como referência fixa para contrastar contra ela outras culturas acadêmicas que podemos encontrar no trabalho de campo (MILICIC, 2004, p. 127).

Os resultados de Milicic (2004) são bastante parecidos com os de Becher (2001). Por exemplo, Becher também aponta que: a docência não é importante e estanca o progresso profissional (MILICIC, 2004, p. 164); o prestígio é maior quando se enfatiza o teórico e o quantificável (p. 164); se as leis gerais são conhecidas “se saberá como utilizá-las de uma forma imediata em qualquer aplicação social ou técnica”, indicando que “o valor do geral e inespecífico é superior à utilização prática para um fim concreto” (MILICIC, 2004, p. 131, também obtém este resultado).

Assim, se observa que os resultados de Milicic (2004) “possuem *padrões culturais* coincidentes com os encontrados por Becher (2001). Isto aumenta a credibilidade da pesquisa por ela apresentada. Por outro lado, mostra que não são próprios do grupo entrevistado, mas que podem associar-se com sua cultura profissional” (MILICIC, p. 165).

As pesquisas de Becher (2001) e de Milicic (2004) apontam para uma série de noções dos físicos sobre a própria física, o próprio profissional físico, o ensino de física, o professor e os estudantes de física. Elas podem ser enquadradas como parte de uma tradição do campo da física, que pode ser encontrada em seus departamentos e instituições universitárias onde tal cultura é disseminada permitindo que outros indivíduos possam incorporá-la na forma de hábitos e pensamentos.

Menezes e Vaz (2009) lembram que a Física, como parte do currículo da escola no Brasil preserva há muitas décadas características que hoje são conhecidas como parte de uma metodologia tradicional. Segundo esses autores, a crença na eficácia da educação tradicional no ensino de Física o tem tornado cada vez mais empobrecido, acarretando falta de interesse pela aprendizagem de Física, por parte dos alunos, que de certo, nem sabem o que, de fato, é Física e para que ela serve.

O epistemólogo Dominique Lecourt encontra cenário semelhante na França, e seu relato, reproduzido abaixo, é um depoimento sobre esse contexto:

Nem tudo é simples no ensino de ciências. Tiro essa lição de minha própria experiência, a de um professor de filosofia que ensina na universidade (Denis-Diderot, Paris-VII), exclusivamente para

2.0⁹⁷ das redes sociais e a próxima - em parte já presente web 3.0 ou semântica⁹⁸), com todo seu arsenal de possibilidades de informação, ludicidade e alfabetização em várias esferas da sociedade, têm transformado em boa medida, cada vez mais intensamente os hábitos e as culturas locais, nacionais e global, modificando inclusive a própria concepção de alfabetização científica e tecnológica, ao incorporar o uso das tecnologias de informação e comunicação (TIC).

Embora os conceitos de mediações pedagógica, tecnológica e tecnológica livre contenham muitas interfaces, as diferenças teóricas são bem demarcadas pelo modo de produção dos sujeitos quando colaboram presencialmente ou a distância pela Internet. A mediação pedagógica, própria dos processos escolares nos mais diversos e diferentes níveis da escolaridade, contém especificidades de acordo com a mediação tecnológica (material didático impresso, simulação ou laboratório, por exemplo). Com o desenvolvimento das TIC e sua integração na educação, inovações e mudanças na mediação pedagógica são produzidas e percebidas pelos sujeitos no ensino-aprendizagem disciplinar, multidisciplinar e transversal, diferenciando e caracterizando as modalidades educacionais presencial, semi-presencial e a distância. (ANGOTTI, 2008, p.2)

Assim, enquanto há poucas décadas cursos de aperfeiçoamento, formação inicial ou continuada, eram acessíveis somente por meio de ofertas de cursos ou oficinas presenciais,

agora necessariamente cabe incluir o uso dos materiais didáticos disponíveis em rede, com destaque para *software* livre e aberto: hipertextos, *wikipédia*, hipermídias com simulações, variações aceleradas de escala de tempo, espaço e energia, endereços e sítios avaliados e recomendados pela academia ou associações, laboratório “manipulativo virtual” (como Interact Physics – Física e JoVE - Biologia)... (ibid., 2008, p.2).

⁹⁷ MATTAR, 2011; PRIMO, 2007.

⁹⁸ OKADA, SOUZA, 2011.

- os conceitos unificadores estão presentes “tanto no saber que domina o senso comum como no saber sistematizado, embora seus significados e sua compreensão sejam, na maioria das vezes, qualitativamente distintos”⁹⁴; assim, “tais conceitos são pontes de transição de um saber para o outro”⁹⁵.

- “A transição [mencionada no item anterior] não se dá linearmente”, mas por meio de uma “ruptura”, uma “reconceitualização”, uma “releitura dos conceitos” com “novos instrumentos adquiridos”, “cada vez mais elaborados”⁹⁶.

Com essa estratégia de ensino, manuais de Física devem proporcionar outros fenômenos didáticos, mais próximos do que as pesquisas em educação científica e a epistemologia contemporânea têm apontado.

É importante mencionar que muitos físicos, professores ou pesquisadores, ou profissionais que exercem ambas as atividades, foram formados nos moldes didáticos dos manuais tradicionais, tais como os analisados nesta pesquisa. E que alguns deles foram ou são críticos desse modelo didático, diferenciando-se dos demais, colegas de departamento, como infere a pesquisa de Milicic (2004). Resta-nos saber como eles se distanciaram dessa tradição, que caminhos percorreram, que cursos frequentaram, e que livros leram ou estudaram. Enfim, de onde vem essa sensibilização. Referenciando-nos em Bachelard e Fleck, a questão seria: qual a origem dos espíritos e estilos que os sustentam? Na perspectiva de Bordieu, a questão seria: por trás de que conceitos, sentidos e sistemas de orientação se escondem seus mais intensos gostos, e que alimentam sua identidade profissional?

Não obstante, nossa preocupação centra-se fundamentalmente nas formações dos fenômenos didáticos em função da vivência escolar e acadêmica, enquanto aluno em formação profissional. Estamos em uma época em que transformações na vida cotidiana ocorreram e ainda estão ocorrendo.

Nos últimos anos, a grande influência dos aparelhos eletrônico-digitais em rede (com distinções entre a pioneira web 1.0, a atual web

⁹⁴ Ibid., p. 286.

⁹⁵ Ibid., p. 286.

⁹⁶ Ibid., p. 286.

cientistas. A meu redor, o mal-estar sobre o qual testemunham meus alunos – franceses e estrangeiros – é relativo não às formas ou à qualidade reconhecida do ensino que recebem, mas sobre o conteúdo do que lhes é transmitido. Isso pode ser resumido assim: “Ensinam-nos muitas equações, fazem com que realizemos manipulações e acabamos adquirindo uma certa habilidade. Mas não podemos vislumbrar a razão de ser e as finalidades daquilo que aprendemos.” Traduzindo: eles sentem falta, nesse tipo de ensino, de um acesso ao pensamento científico que sustentou e que continua dando os resultados que eles devem aprender e dominar. Eles gostariam de saber em que sentido Schrödinger não é uma equação. Parece-me que essa constatação pode ser estendida ao conjunto das disciplinas científicas e a todos os ciclos do ensino, secundário e superior. Que eu saiba, ela não pode ser desmentida em parte alguma da Europa. Isso nos remete a uma certa ideia da ciência, cujas raízes filosóficas já é tempo de reconhecer. (LECOURT, 2002, p. 521 apud ZANETIC, 2007, p. 251-252)

OS MANUAIS DE FÍSICA

Até o momento discorremos sobre a influência das tradições dentro de um campo específico do conhecimento e sobre os resultados das pesquisas de Becher e Milicic, particularmente sobre a tradição da Física, e com algumas implicações sobre seu ensino.

Além disso, por meio das noções de *habitus* e de enculturação ou aculturação, argumentamos que as condutas intrínsecas às tradições podem ser irrefletidas e até inconscientes. Nesse sentido, sua elucidação torna-se complexa por lidar com aspectos que se referem a elementos conscientemente presentes e a outros de certa forma camuflados nas ações e nos pensamentos dos membros da tradição.

Porém, no caso específico da Ciência, há várias instâncias de formação de novos membros, distintas instituições, mesmo que de alguma forma todas elas possam levar a uma congruência de ações e pensamentos. Nesse sentido, há, por exemplo, a instância sala de aula, assim como a instituição livro didático ou manual de ensino, ambos elementos fundamentais para a inserção de novos membros da tradição.

O manual em específico ou livro texto pode ser considerado um registro dessa tradição, pois traz proposições didáticas e intencionalidades sobre um *saber a ensinar* (CHEVALLARD, 2009). O livro texto traz também o resultado de uma história, das transformações e movimentos internos que ocorrem e ocorreram dentro de uma tradição. Toda essa história se naturaliza e está registrada nos livros. Os autores de livros textos são formuladores re-formuladores de uma tradição didática.

Os livros didáticos são instrumentos de uma tradição docente, e seu papel se torna mais importante quando se tem a concepção de que ensinar é uma atividade simples e que para executá-la é preciso conhecer apenas o conteúdo específico e ter alguma prática de ensino (CACHAPUZ *et al.*, 2011, p. 196), ou seja, ensinar é uma arte de ofício. Neste caso os livros funcionam como roteiros para o “ofício de ensinar”. Eles delimitam programas, currículos e os objetos sobre os quais a “arte de ensinar” deve ser criada. O livro define o conhecimento a ser ensinado cabendo à mediação do professor o trabalho de facilitador e através de “artifícios didáticos torná-lo acessível ao aluno. Isto é, o livro guia o professor na escolha do que deve ser exposto, quais problemas devem ser resolvidos, o que é relevante e irrelevante, quais as atividades e tarefas e o que será avaliado. O livro texto domina a sala de aula e também acompanha o aluno fora do ambiente de sala de aula, isto é, no estudo solitário.

De acordo com Zanotello e Fagundes (2012), “as ementas das disciplinas introdutórias de Física em cursos de educação superior nas áreas de ciências naturais e tecnologia seguem, essencialmente, a mesma organização de temas presentes em coleções tradicionais de livros didáticos” (p. 145). Os autores notam que isso acontece também com os cursos de bacharelado e de engenharias, sendo as coleções didáticas tradicionais, ou seja, mais utilizadas, aquelas conhecidas pelos seus autores: Halliday e Resnick, Serway e Jewett, Tipler e Mosca, Young e Freedman, adotadas na maioria das instituições do país. Eles afirmam:

Apesar de eventuais diferenças, a organização dos temas segue, essencialmente, o mesmo padrão em todas essas obras. Os tópicos de mecânica clássica, ondas mecânicas, termodinâmica, eletromagnetismo, óptica, ondas eletromagnéticas, física moderna e contemporânea (FMC), são apresentados de forma sequencial, hierárquica, compartimentada e, por vezes, até mesmo

- Dessa forma, pretende-se articular conceituação científica e conhecimento prévio do aluno, “o qual precisa ser obtido, problematizado e superado” (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011, p. 278).

- A via histórica referente ao desenvolvimento dos conceitos tem como objetivo proporcionar aos alunos a inteligibilidade e plausibilidade dos pressupostos científicos apresentados no momento da organização e da aplicação do conhecimento (3MP). Da mesma forma, a discussão conceitual sugerida, tendo a obra *Lições de Física como exemplar de manual de Física* tem a intenção de levar o estudante a ver plausibilidade nas conceituações e noções apresentadas nos livros textos, portanto, indo além de sua compreensão axiológica.

Mas, o que fazer para uma compreensão global da física uma vez que seu ensino é feito comumente por uma fragmentação das distintas áreas ou tópicos, portanto, fragmentação das definições, equações e problematizações do conhecimento físico?

- Uma solução para o problema da fragmentação é a elaboração de metodologias didático-pedagógicas que consideram os Conceitos Unificadores:

[estes se constituem como] balizas ou âncoras tanto para as aquisições do saber nessa área como para minimizar excessos de fragmentação do pensamento dos estudantes e, também dos professores, uma vez que o ensino da disciplina ainda se distingue por envolver um conjunto de fragmentos de saberes que, embora associados, não são assim caracterizados nem discutidos. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011, p. 278)

- Os conceitos unificadores “podem dirigir as totalidades, sem descaracterizar as necessárias fragmentações”, são “Unificadores porque aplicados, em larga escala, nos diferentes escopos das Ciências Naturais”⁹³.

⁹³ Ibid., p. 278.

apresentamos uma proposta embasada nos 3 MP, nos quais são integrados os conceitos unificadores, a contextualização histórica e discussões qualitativas dos elementos que compõem a Física.

Esta estratégia didática é caracterizada por inserir o aluno no processo de ensino ao levantar e problematizar sua realidade cotidiana e suas próprias concepções, permitindo que ele/sujeito possa construir seu conhecimento. Dessa forma, conhecer não é concebido como algo externo ao próprio cientista ou estudante, mas como um saber assimilado/acomodado pelo sujeito.

Além disso, também permite que ele/sujeito conheça razões que ultrapassam a abordagem analítica da evolução científica, ao contextualizá-la do ponto de vista histórico-social, distanciando-se da exposição unicamente lógico-racional do livro texto.

No entanto, a abordagem analítica não pode ser menosprezada, e ela é reforçada nesta proposta por meio da apresentação conceitual e de discussões no âmbito disciplinar, com auxílio dos exemplares.

Com uma síntese dessa proposta, a metodologia de ensino para manuais de Física segue como:

- Exposição de concepções de estudantes comumente encontradas na literatura para posterior problematização. Essa introdução pode fazer com que os estudantes se identifiquem com as concepções encontradas na literatura e sintam necessidade de outros conhecimentos (Momento da Problematização – 3MP); os argumentos são reforçados com Bachelard e Fleck, sobre a necessidade de problematização inicial e, também com a própria TAD.

- Momento da Organização do Conhecimento (3MP), onde, partindo da problematização inicial busca-se introduzir o conhecimento científico, com suas definições, enunciados, exemplificações. Sugerimos que a introdução seja feita por meio da evolução conceitual encontrada historicamente, ou seja, pela contextualização histórica ou contexto da descoberta; além disso, também sugerimos discussões qualitativas dos conceitos físicos segundo limites e amplitudes de aplicação.

- Momento da aplicação do conhecimento, onde deve ocorrer a síntese resultante das diferenças entre as percepções iniciais dos estudantes, conforme a literatura de pesquisa da área, e o conhecimento científico.

desarticulados. (ZANOTELLO, FAGUNDES, 2012, p. 146)

Segundo Chevallard, Bosh e Gascón (2001), “a escola deve criar meios para que os alunos estudem e aprendam (...), mas também deve proporcionar-lhes instrumentos para que possam continuar estudando ao saírem da escola, após terminadas as aulas” (p. 58). Dentre os instrumentos necessários para que os indivíduos tenham condições de continuar os estudos, o livro texto encontra lugar privilegiado tendo em vista que as conceituações, definições, equações, enfim, a tradição pode ser encontrada seja para corroborar ou contrapor novas aplicações, percepções da realidade ou reflexões em torno de aspectos tecnológicos ou teóricos.

Argumentamos que sob o enfoque da Teoria Antropológica do Didático (TAD) a praxeologia associada à didática é fortemente manifestada nos livros textos, visto que definem o conhecimento relevante, as tarefas e atividades. A análise praxeológica pode ser um instrumento para investigar a didática tradicional.

Em síntese, nosso problema de tese será a investigação de parte da tradição da didática da Física em um veículo muito utilizado tanto por aqueles que estão em formação quanto por aqueles que já se encontram aceitos pela academia: o manual de física. No capítulo 1, apresentaremos, a título de revisão sobre a importância do livro, indicações de pesquisadores e professores de vários níveis institucionais, e de vários campos acadêmicos, de que o livro texto é um dos mais importantes instrumentos para a profissão docente, pois o mesmo é inserido na visão de que ele reproduz a tradição de uma disciplina, induzindo à percepção de que a seriedade de uma teoria deve percorrer os pressupostos dessa tradição.

Sobre esse instrumento didático, Milicic *et al.* (2007) afirmam,

Finalmente e como crença destacada, o saber-ensinar é a Física que está contida nos manuais internacionais de amplo uso e tradição. A alta coincidência em conteúdos destes manuais indica que a Física básica é concebida como uma entidade “única”, o que coincide com uma ideia convergente e doutrinal da atividade docente, expressa nas concepções profissionais. (MILICIC *et al.*, 2007, p. 282)

Mesmo nos parâmetros curriculares nacionais para o ensino de

física (PCN+, 2002), o livro é posto como um aparato didático reproduzidor de conteúdos e preceitos da área: “os índices dos livros didáticos de ensino médio se tornam, na verdade, uma versão abreviada daqueles utilizados nos cursos de física básica do ensino superior, ou uma versão um pouco mais estendida dos que vinham sendo utilizados na oitava série do ensino fundamental” (p. 61), demonstrando que os conteúdos do ensino fundamental, médio e superior são similares.

Ainda com relação à relevância dos livros textos como formador inicial e contínuo do professor, os pesquisadores a seguir afirmam:

Os professores, embora muitas vezes não adotem livro de texto ou não se prendam exclusivamente a um deles, geralmente, se orientam pelos livros didáticos e transmitem aos alunos a visão de ciência (ênfase curricular, segundo Moreira e Axt, 1986) veiculada nesses livros. (MOREIRA & OSTERMANN, 1993, p. 109)

Para Pinho Alves, Pinheiro e Pietrocola (2001) os elementos contidos nos livros textos são os norteadores das aulas dos professores; eles afirmam que “quando prepara as suas aulas, geralmente o professor se referencia em livros didáticos dirigidos ao respectivo grau de ensino que leciona” (p. 77).

Para Lenoir (2003), “as disciplinas são a infra-estrutura da ciência corporificada” que podem ser encontradas não só nos departamentos universitários e nas sociedades profissionais, mas também “nos manuais e livros didáticos” (LENOIR, 2003, p. 65).

Assim, assumiremos a hipótese de que o livro texto (ou manual) é um instrumento formador privilegiado da tradição didática da física, de um *habitus didacticus*, e que a tradição por ela veiculada nos cursos de formação do professor de física, é um dos aspectos que merecem ser investigados.

Em outras palavras, o pressuposto básico que guia nossa pesquisa é o de que o livro texto reproduz a tradição didática de uma disciplina em particular, induzindo os aprendizes à percepção de que a seriedade de uma teoria deve percorrer os pressupostos dessa tradição. O livro, elaborado por um ou mais membros do grupo, reflete de forma acomodada o seio da tradição didática que deve ser incorporada por quem deseja ser futuramente mais um integrante do grupo. Portanto, ele é concebido como um formador fundamental de teorizações e práticas que devem ser compreendidas pelos membros do campo.

O objetivo principal da tese é caracterizar a tradição didática da

Dessa forma, pode ser possível visualizar os elementos que hoje compõem as ciências físicas, como é o caso da matemática.

A matematização dos fenômenos físicos é hoje um dos estágios de desenvolvimento perseguidos pelos cientistas, a ponto de ser considerada como o *divisor de águas* entre o que é confiável e o que não deve ser levado muito adiante:

Para um físico, notável é a possibilidade de fazer os cálculos numéricos, ser capaz de dizer que em tal ou qual instante a temperatura, a densidade e a composição química do universo tinham tais e quais características. Na realidade, não estamos absolutamente certos sobre tudo isto, mas é estimulante saber que somos capazes de tratar de tais assuntos com uma certa confiança. (WEINBERG, 1980, p. VII, grifos nossos)

Mas a matematização das situações ou dos aspectos vivenciados do dia-a-dia não é algo que está comumente presente no cotidiano do aluno, o que dificulta sua inserção como aparato legitimador da Física atual.

Referenciando as concepções epistemológicas fleckianas, a problematização pode ser verificada quando as *conexões ativas* não estão articuladas à realidade, ou seja, quando as *conexões passivas* não fazem parte das interconexões fenomenológicas em jogo.

Por exemplo, como é possível compreender, aceitar e transformar concepções individuais por meio de teorizações científicas, enquanto produto acabado, quando as mesmas não se referem às *conexões passivas* vivenciadas pelos indivíduos? Trazendo para o fenômeno didático em questão, como a matematização dentro do escopo da Física, se constitui como um caminho para compreensão das destrezas da natureza quando ela não tem em seu domínio estudos no âmbito fenomenológico, e fundamentalmente do cotidiano do aluno, como também sugerem os PCN+? Esse problema pode ser amenizado quando a fenomenologia e o cotidiano do aluno são vistos pelo viés dos três momentos pedagógicos (os 3MP).

Assim, enquanto a TAD procura caracterizar o ensino por meio da praxeologia e dos momentos de estudo (ou didáticos), os 3MP têm a função de potencializar (dar relevo) elementos mais próximos do aluno, ou seja, aqueles que eles consideram significativos para sua vida.

Com objetivo de sugerir mudanças na formação inicial de professores, em especial no que se refere ao manual de Física,

mundo e nossa relação com ela. (CASSIDY, HOLTON, RUTHERFORD, 2002, p. 3).

Os autores prosseguem ao dizer que as ideias de hoje ganham vida quando olhamos para trás e as compreendemos de acordo com suas origens, imersos em contextos e personagens: “quem eram as pessoas que chegaram a essas ideias em sua luta para entender a natureza e como essa luta continua até hoje” (ibid., p. 3).

Dessa forma, “como você observa a ascensão e a queda das teorias físicas, você vai ganhar uma apreciação da natureza da ciência” (ibid., p. 3), permitindo entender “por que as teorias atuais são aceitas hoje, e o impacto que elas produzem sobre a cultura em que surgiram” (ibid., p. 3); as transformações historicamente ocorridas na dinâmica das evoluções ou revoluções científicas permitem compreender o mundo físico contemporâneo.

Nesse sentido, Robilotta (1982) problematiza um ensino que não se pauta na coerência histórica dos conceitos em voga:

Por exemplo, é muito comum começarmos um curso de mecânica clássica discutindo as leis da dinâmica de Newton. Ao fazermos isso, em geral supomos conhecido todo o cenário no qual a mecânica se desenvolve, que tudo o que veio antes dela pode ser classificado como “natural”. Ou seja, começamos a ensinar a mecânica como se fosse óbvio que o espaço é contínuo, homogêneo e isotrópico, que o tempo é contínuo, uniforme e absoluto, que as massas e outros tipos de matéria são colocados sobre o espaço, e não interferem sobre suas propriedades. Além disso, parecemos achar que deve ser claro para qualquer estudante medianamente inteligente que a inércia de um corpo faz com que seus movimentos naturais sejam retilíneos e uniformes, que o que precisa ser explicado por meio de forças são as **variações** de movimento, e que um corpo possa ter velocidade mesmo sem estar sob a ação de forças. (ROBILOTTA, 1988, p.14-15)

O estudo da Física pelo viés histórico também pode proporcionar a leitura das noções científicas pelo processo de construção e desconstrução que os embates apontaram no decorrer das discussões.

Física por meio dos manuais utilizados nos cursos de formação universitária. Ou seja, nosso foco está na análise da formação de uma cultura didática da Física, particularmente da formação do professor, portanto, dos cursos de licenciaturas. Nosso objeto de estudo é o livro de Física do ciclo básico dos cursos de graduação, muito embora a pesquisa teria apontamentos mais contundentes se os livros mais avançados também fossem investigados, assim como os livros didáticos do Ensino Médio.⁵ Contudo, alguns argumentos podem justificar a escolha dos manuais do ciclo básico, situando-os como bons representantes da tradição didática da Física na formação docente.

Os livros do ciclo básico podem ser definidos como aqueles nos quais conteúdos e noções são encontrados nos manuais que objetivam expor os fundamentos da Física sem recorrer a formalismos matemáticos mais avançados, tais como lagrangeanas, hamiltonianas, divergentes, rotacionais, cálculo de tensores etc., se atendo a formalismos mais próximos dos utilizados na Educação Básica e que podem resolver determinados problemas sem ir além do cálculo diferencial e integral.

Nesse sentido, esses livros estão mais próximos dos livros didáticos do Ensino Médio e, portanto, mais próximos dos conteúdos e métodos didáticos que o professor da escola básica poderá estar trabalhando junto dos alunos. Podem, assim, ser considerados como verdadeiros manuais para consulta do professor do Ensino Médio na medida em que os textos (do ciclo básico do Ensino Universitário e do Ensino Médio) têm similaridades quanto aos métodos de ensino, de resolução de problemas e também com relação aos conteúdos.

Isso significa que para aprofundar um tema ou conteúdo de Física próprio do Ensino Médio, as consultas aos livros do ciclo básico do Ensino Superior podem ser feitas sem que haja problemas com relação aos formalismos utilizados ou às ponderações conceituais ou empíricas; a proximidade conceitual e matemática torna possível um diálogo entre o que está posto nos livros de Ensino Médio e o que está posto nos livros do ciclo básico universitário.

Por outro lado, os manuais do ciclo básico também contêm a base para cursos ou estudos mais avançados, o que pode ser percebido pelos pré-requisitos exigidos para cursá-los.

⁵ Se os livros mais avançados de Física são estruturados tal como os livros do ciclo básico e, por sua vez, também os livros do ensino médio, esse aspecto poderia apontar de forma mais contundente para uma tradição do ensino de física.

É muito comum, por exemplo, que disciplinas mais avançadas necessitem como pré-requisitos noções mais básicas contidas nas disciplinas do ciclo básico. É o caso da disciplina avançada de Eletromagnetismo, que tem como pré ou co-requisito a disciplina do ciclo básico “Física Básica III”. Essa é uma estrutura comum dos cursos de Física. Além disso, muitas vezes nos cursos mais avançados os livros do ciclo básico são também utilizados e são apontados como referências na bibliografia dessas disciplinas.

Dessa forma, os tradicionais manuais de Física do ciclo básico, muito conhecidos como Física I, II, III e IV, de Halliday, Tipler, Sears etc. são potencialmente úteis tanto para o professor de Física da escola básica quanto para aqueles que irão cursar disciplinas mais avançadas.

Outro ponto a ser considerado com relação aos livros textos do ciclo básico é que estes são também situados por conter fundamentos teóricos para as chamadas “disciplinas experimentais” dos cursos de graduação em Física, o que pode ser percebido ao analisar as bibliografias dessas disciplinas.

Mais comum ainda, ao analisar essas disciplinas, são as exigências impostas para cursá-las, os pré-requisitos que se referem às disciplinas do ciclo básico.

Também outras disciplinas dos cursos de graduação em Física de diferentes instituições têm como pré-requisitos as disciplinas do ciclo básico, tais como: Didática da Física, Instrumentação para o Ensino, História da Física, Prática de Ensino de Física e Estágio Supervisionado.

Enfim, talvez esses apontamentos justifiquem a escolha dos livros textos do ciclo básico como potenciais influenciadores na formação de uma tradição didática da Física, pois são instrumentos encontrados em muitos momentos da formação dos licenciandos e talvez do trabalho docente futuro. Podemos dizer que eles contêm uma base sólida com a qual é possível resolver grande número de problemas ou mesmo auxiliar estudos de Física mais avançados.

Por último, não podemos nos esquecer que enquanto os manuais de Física Avançada fornecem roteiros, temas ou estruturações muitas vezes de uma única disciplina, como é o caso de Física do Estado Sólido, Eletromagnetismo, Mecânica Clássica, Física Nuclear entre outras, os manuais de Física do ciclo básico fornecem elementos dentro uma mesma estrutura didática durante todo o ciclo básico, pois eles contêm a reprodução de uma didática da Física em disciplinas como Física I, II, III e IV, muitas vezes sob o viés de um mesmo autor (as coleções didáticas).

Através da análise dos livros do ciclo básico pretendemos

ligação com a sociedade e com outras áreas da cultura. Isso favoreceria a construção de uma educação problematizadora, crítica, ativa... (ZANETIC, 2005, p. 21)

Considerando que não há um ensino sem transposições que diferenciam os saberes – saber sábio, saber a ser ensinado e saber ensinado – argüimos que utilizando-se da história da Física outros fenômenos didáticos poderão ser produzidos, se aproximando da realidade do empreendimento científico – conforme a epistemologia contemporânea – e fornecendo subsídios para que os estudantes o compreendam e possam avaliá-lo de forma mais completa.

Ao fazer uso da história da ciência, em seus aspectos sociais, políticos e afetivos, é estabelecido outro contrato didático entre alunos, professores e saber; a ciência, dessa forma, é inserida no contexto de uma *prática social* em que “as relações educador-educando se dão em múltiplas dimensões, envolvendo, portanto, aspectos cognitivos, éticos, estéticos, afetivos etc.” (OLIVEIRA, 1996, p. 227).

Segundo Zanetic (2005),

Um fator determinante no encaminhamento de um jovem para o encantamento com o conhecimento, para o estabelecimento de um diálogo inteligente com o mundo, para a problematização consciente de temas e saberes, é a vivência de um ambiente escolar e cultural rico e estimulador, que possibilite o desabrochar da *curiosidade epistemológica*. (p. 21).

Essa perspectiva para o ensino de Física é a que encontramos no livro “Understanding Physics” (CASSIDY, HOLTON, RUTHERFORD, 2002), que introduz o aprendiz aos estudos por meio de um convite à vivência de ideias que constituem a história. Os autores afirmam:

Como em qualquer curso de ciências, você vai aprender sobre muitos dos importantes conceitos, teorias e leis que compõem o conteúdo da ciência, física, neste caso. Mas este curso vai além; ele apresenta a ciência como experiência, como uma aventura intelectual integrada e excitante, como o produto da movimentação contínua da humanidade para conhecer e compreender o nosso

Na perspectiva da TAD, os projetos que visam o ensino aprendizagem devem se iniciar com um *tipo de tarefa*, que pode ser apresentado como um problema, uma questão para a qual é preciso buscar *técnicas* de resolução. Portanto, não pode ser estruturado tendo como princípio a exposição de tecnologias, ou seja, de definições e enunciados *a priori*. Estes devem ser vistos pelo viés da contextualização histórica junto dos personagens que os elaboraram para que sejam inseridos no campo do fazer humano, portanto, como Chevallard argumenta, no campo antropológico.

Com esse formato didático, talvez haja possibilidade de que as tecnologias sejam amparadas por teorizações que proporcionem a compreensão das causas que levaram os protagonistas dessa complexa história a sugerirem tais caminhos ou a entrarem em certos embates científicos, sem que para isso seja preciso retornar, tal como nota Chevallard, a um *ad infinitum*.

Sustentamos que os livros textos básicos de Física, os manuais, são os principais norteadores das práticas dos professores e da formação de percepções tanto com relação à docência quanto a aspectos sobre a produção de novos conhecimentos físicos. Inferimos dessa pesquisa que os manuais comumente sugeridos devem ser utilizados com cautela, seja movido por uma vigilância epistemológica, seja evitando didatizações que possam provocar distorções sobre o ensino ou sobre o fazer científico.

Nesse sentido, a intervenção do professor passa a ter papel fundamental no processo de ensino aprendizagem, uma vez que a didatização do manual por si só não permite a compreensão de e sobre Física, mesmo que sejam inseridos nos mesmos complementos com o objetivo de corrigir essas distorções, porque a *praxeologia*, conforme Chevallard, apontaria para o mesmo processo didático.

Dessa forma, se faz necessário uma mudança na praxeologia dos manuais, tendo na problematização e no estudo histórico as motivações norteadoras para o planejamento dos planos de ensino. Nesse sentido, Zanetic afirma:

O ensino de física dominante se restringe à memorização de fórmulas aplicadas na solução de exercícios típicos de exames vestibulares. Para mudar esse quadro o ensino de física não pode prescindir, além de um número mínimo de aulas, da conceituação teórica, da experimentação, da história da física, da filosofia da ciência e de sua

caracterizar os hábitos e discursos que poderão ser criados por repetição contínua de uma estrutura de ensino de Física nas licenciaturas. Consideramos esses hábitos e discursos manifestações claras de uma tradição que carrega de forma institucionalizada organizações didáticas materializadas nas grades curriculares e nos programas das disciplinas.

Dessa forma, procuramos responder às questões: de que forma a física é ensinada nos manuais do ciclo básico nos cursos de licenciatura? Como elas podem ser didaticamente caracterizadas? Quais as consequências na formação do professor? Elas auxiliam o trabalho docente ou são acometidas por reproduções inquestionáveis da tradição didática da física, ou seja, da instituição?

TRADIÇÃO DIDÁTICA DA FÍSICA, PARÂMETROS E DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS, LDBEN, E PESQUISAS EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: CONGRUÊNCIAS OU INCONGRUÊNCIAS?

Propomos investigar, por meio da TAD, a sistematização do saber a ensinar disposto nos livros de Física Básica citados pelos projetos pedagógicos dos cursos. Como hipótese a ser investigada, sugerimos que há formação de uma estrutura conceitual e metodológica nos próprios livros didáticos de Física do ensino superior que não propiciam condições de uma formação disciplinar tal como é sugerida pelos documentos governamentais e pelas pesquisas em educação científica atuais.

O pressuposto básico que guia nossa pesquisa é o de que o livro texto reproduz a tradição didática, de uma disciplina em particular, que deve ser incorporada por quem deseja ser futuramente mais um integrante desse grupo disciplinar.

Assim, nessa tese, procuramos analisar se livros textos do ciclo básico dos cursos de Física podem propiciar a formação mencionada nos documentos governamentais mencionados, tendo em vista as concepções docentes e os elementos emergidos de pesquisas com relação à formação do professor de Física.

Além disso, também será feita uma análise sobre a formação docente pela leitura do livro texto de Física sob a perspectiva da permanência de pressupostos didáticos e epistemológicos na estrutura psíquica e comportamental. Sustentamos que “no processo de construção de sua autonomia intelectual, o professor, além de saber e de saber fazer deve compreender o que faz” (parecer CNE/CP 009/2001, p. 56).

As figuras a seguir têm o objetivo de expor o problema através de esquemas. O esquema 1 poderia representar os vínculos entre as instâncias existentes na Educação Científica Brasileira, de forma congruente entre o que os documentos estabelecem e a realidade institucional de ensino do país. Não obstante, pesquisas mostram que nem todos estes vínculos são satisfeitos. O esquema 2 mostra falta de vínculo entre algumas instâncias, conforme levantamento bibliográfico. Mas as referências da literatura não permitem saber qual o papel dos manuais quando se pretende apontar a tradição do professor de Física. Que saberes epistemológicos e didático-pedagógicos podem se sobressair de seus textos? Eles são fiéis reproduzidores de uma cultura e, portanto, colaboram com a sua manutenção, dificultando mudanças institucionais?

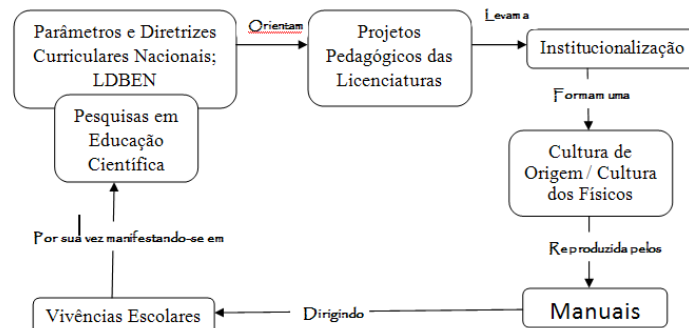


Figura 1.1 – vínculos entre instâncias esperadas da formação docente

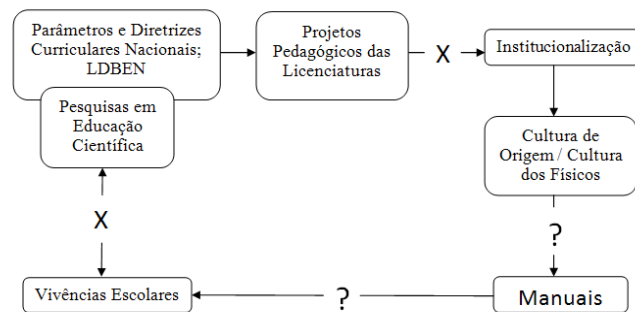


Figura 1.2 – vínculos e rupturas entre instâncias da formação docente: o manual como objeto de pesquisa

Understanding Physics, obra ao qual nos referimos no decorrer da tese, pela apresentação histórica da Física sem que discussões qualitativas mais profundas sobre os fenômenos fossem esquecidas.

A inserção da história da ciência nos programas curriculares de disciplinas científicas tem sido alvo de debates desde a década de sessenta do século XX (VILAS BOAS, SILVA, PASSOS, ARRUDA, 2013).⁹¹ Não obstante, pesquisando periódicos nacionais, os autores concluem que hoje há um consenso sobre a relevância de seu uso no ensino, pois eles não constataram a existência de argumentações contrárias à sua importância.

Soma-se à obra de Cassidy, Holton e Rutherford (2002), as aulas de Feynman⁹², também já mencionadas na tese, que apresentam a Física principalmente por meio da explicação fenomenológica, sem se debruçar sobre questões de ordem quantitativa ou matemática.

Além da contraposição da *didática do manual de Física* com a apresentação dos exemplares de ensino (*Understanding Physics* e *Lições de Física*), ela também foi analisada criticamente tomando os 3 MP e os conceitos unificadores como saberes de referência. Estes fornecem instâncias pedagógicas para o enfrentamento de pressuposições dos estudantes e permitem que no *momento da organização do conhecimento* (segundo momento pedagógico), a história e as discussões conceituais sejam abordadas.

Esperamos que ao seguir essa metodologia de ensino, outros fenômenos didáticos sejam encontrados, que atribuam à Física um todo articulado, além de processual, preponderantemente fenomenológico e caracterizado por ser um empreendimento humano, portanto, sujeito às suas especificidades psíquicas, cognitivas, sociais, biológicas, fortemente influenciadas pela cultura e sua história.

Nossa compreensão sobre esse processo de formação de fenômenos didáticos que permanecem e transparecem na profissão do professor de Física, é que há um ciclo vicioso onde os cursos de formação inicial, de um lado, e o exercício na escola secundária, por outro, perpetuam *habitus* didáticos.

⁹¹ Em um interessante artigo, Michael R. Matthews (1992) apresenta um panorama dessas discussões. Nesse trabalho, Matthews oferece vários argumentos contra aqueles que problematizam o uso da história no ensino de ciências, acabando por defender a inserção da história e da filosofia nos cursos de formação de professores.

⁹² Os *Lectures on Physics*, traduzidos para a língua portuguesa como *As Lições de Física de Feynman*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, analisamos manuais de Física de Ensino Superior com o objetivo de verificar ou não a presença de percepções institucionalizadas que pudessem levar à edificação de concepções didáticas e epistemológicas sobre a disciplina.

A investigação possibilitou verificar algumas correlações epistemológicas e didático-pedagógicas entre o que a literatura da área (Ensino) tem divulgado e o formato dos manuais de Física, apontando para uma tradição do ensino de Física. Sendo resultado de uma vivência didático-pedagógica, as concepções dela originadas foram denominadas de fenômenos didáticos.

Argumentamos que os fenômenos didáticos delinham os manuais de Física analisados e são mantidos nas Instituições de Ensino por meio de uma tradição didática da disciplina se constituindo como um *espírito didático-pedagógico*, no sentido bachelardiano, ou como um *estilo de pensamento*, no sentido fleckiano, sobre ensino de Física.

Os fenômenos didáticos são encontrados nos resultados de outras pesquisas e podem ser localizados na literatura da área, conforme mostramos, o que parece estar apontando para um *habitus* que constitui a área de Física, ou da formação do professor de Física. Assim, ao verificar a aproximação das concepções docentes com a estrutura do livro texto de Física Básica – os manuais –, parece haver a necessidade de uma revisão estrutural dos projetos que visam formar professores a fim de não formatar os cursos na tradição das obras comumente utilizadas ou apontadas como básicas para formação profissional.

Caso a opção não seja a de buscar novas obras didáticas ou de reestruturar as que já existem, cabe ao professor formador a preparação de práticas que não estando alocadas nos manuais podem proporcionar novos olhares para as ações didáticas neles presentes. Em outros termos, a prática docente deve contrapor a dinâmica do livro nos aspectos que não se apresentarem adequados.⁹⁰

No entanto, outra opção seria o de reestruturação ou mesmo de nova elaboração de materiais instrucionais que possam evitar tais fenômenos didáticos. Talvez possamos nos embasar na ideia de Cassidy, Holton e Rutherford (2002), conforme está materializada no livro

A tese está estruturada da seguinte forma: no capítulo 1, argumentamos sobre a importância do livro texto como influenciador clássico na formação do professor, trazendo para discussão vários autores da literatura em pesquisa educacional. No capítulo 2, apresentamos a metodologia de pesquisa adotada, as referências teóricas adotadas e os critérios para escolha dos objetos de estudo. No capítulo 3, apresentamos as análises praxeológicas efetuadas segundo leitura dos manuais de Física. No capítulo 4, as análises dos dados da pesquisa são contrapostos principalmente com dois exemplares, o *Understanding Physics* (CASSIDY, HOLTON, RUTHERFORD, 2002) e o *Lectures on Physics*⁶. Além disso, também são analisados sob a ótica dos três momentos pedagógicos (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011). No capítulo 5, as análises procuram dialogar com outras pesquisas em educação científica; fazemos apontamentos sobre a possibilidade de desenvolvimento de alguns fenômenos didáticos que o estudo dos manuais proporciona. Argumentamos que os fenômenos didáticos levantados são estruturadores dos manuais e têm grande potencial de fazer com que eles sejam incorporados e mantidos em uma tradição da Física; com esse objetivo é feita uma interlocução com algumas referências da epistemologia e da educação em ciências. Em seguida, são feitas as reflexões finais. Em apêndice, em CD, os dados da pesquisa: a análise praxeológica dos manuais (apêndice 1), os resultados em tabelas (apêndice 2), os projetos pedagógicos dos cursos analisados (apêndice 3), a relação das universidades consideradas (apêndice 4) e as tabelas elaboradas sobre as disciplinas de Física do ciclo básico (apêndice 5).

⁹⁰ Nossa concepção de uma didática adequada é aquela que tenta evitar a formação de fenômenos didáticos que obstaculizam a incorporação de um fazer científico crítico, processual, no qual interagem sujeito e objeto, global (e não estanque), e como atividade humana e, portanto, sujeito as especificidades humanas.

⁶Utilizamos principalmente a versão traduzida para a língua portuguesa: FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS. *Lições de Física*, v. 1, 2008.

CAPÍTULO 1

1 LIVRO DIDÁTICO: FORMADOR DE PENSAMENTOS E AÇÕES

Este capítulo tem a prioridade de expor o livro texto como um veículo de ensino fundamental tanto na formação do professor quanto no exercício profissional docente, o que justificaria tê-lo como objeto de análise. Serão explanadas muitas pesquisas com diferentes objetivos, mas todos concebendo o livro texto como instrumento fundamental na formação docente.

Foi feito um levantamento de publicações que tiveram em sua investigação o livro didático como objeto de pesquisa. Foram analisadas revistas de 2009 a 2012 e três dentre os principais encontros da área de educação científica, que ocorrem no Brasil (EPEF, 2009, 2010 e 2011; ENPEC, 2009; SNEF, 2009, 2011). Foram feitas análises de todos os artigos dessas revistas e dos encontros citados, procurando verificar como o livro didático, de qualquer nível escolar e de qualquer disciplina, foi abordado pelos autores que faziam referência a características ou à importância dos livros tanto na formação inicial como no trabalho docente diário.

Muitas pesquisas têm demonstrado a importância do livro didático na formação do professor de ciências. Esse material é considerado por muitos como sendo o principal veículo formador de pensamentos, hábitos, estilos, enfim, de teorias e práticas. Da mesma forma que estes autores, também consideramos que o livro é instrumento essencial ao professor aspirante e ao professor atuante e que, portanto, estudos que buscam investigá-lo têm grande relevância para potencializar o trabalho docente, no sentido de que os planejamentos e ações se mostrem mais eficazes para aprendizagem dos alunos e para determinar graus de compatibilidade que pensamentos e ações têm com o campo específico de formação e atuação. Pensamos, em função da importância do livro, que este material deve conter não somente conteúdos específicos da disciplina em si, mas também conteúdos sobre sua história, seus métodos de pesquisa, visões epistemológicas e apontamentos didáticos orientadores para exercício de sala de aula.

O livro didático é um dos mais importantes instrumentos de

supomos conhecido todo o cenário no qual a mecânica se desenvolve, que tudo o que veio antes dela pode ser classificado como “natural”. Ou seja, começamos a ensinar a mecânica como se fosse óbvio que o espaço é contínuo, homogêneo e isotrópico, que o tempo é contínuo, uniforme e absoluto, que as massas e outros tipos de matéria são colocados sobre o espaço, e não interferem sobre suas propriedades. Além disso, parecemos achar que deve ser claro para qualquer estudante medianamente inteligente que a inércia de um corpo faz com que seus movimentos naturais sejam retilíneos e uniformes, que o que precisa ser explicado por meio de forças são as **variações** de movimento, e que um corpo possa ter velocidade mesmo sem estar sob a ação de forças. (ROBILOTTA, 1988, p.14-15)

O estudo da Física pelo viés histórico também pode proporcionar a leitura das noções científicas pelo processo de construção e desconstrução que os embates apontaram no decorrer das discussões. Dessa forma, pode ser possível visualizar os elementos que hoje compõem as ciências físicas, como é o caso da matemática.

A matematização dos fenômenos físicos é hoje um dos estágios de desenvolvimento perseguidos pelos cientistas, a ponto de ser considerada como o *divisor de águas* entre o que é confiável e o que não deve ser levado muito adiante:

Para um físico, notável é a possibilidade de fazer os cálculos numéricos, ser capaz de dizer que em tal ou qual instante a temperatura, a densidade e a composição química do universo tinham tais e quais características. Na realidade, não estamos absolutamente certos sobre tudo isto, mas é estimulante saber que somos capazes de tratar de tais assuntos com uma certa confiança. (WEINBERG, 1980, p. VII, grifos nossos)

Contudo, a plausibilidade no âmbito fenomenológico e cotidiano do aluno (como requer os PCN+), por meio da matematização, pode ser potencializada quando o processo lógico é historicamente apresentado e discutido.

os estudantes o compreendam e possam avaliá-lo de forma mais completa.

Ao fazer uso da história da ciência, em seus aspectos sociais, políticos e afetivos, é estabelecido outro contrato didático entre alunos, professores e saber; a ciência, dessa forma, é inserida no contexto de uma *prática social* em que “as relações educador-educando se dão em múltiplas dimensões, envolvendo, portanto, aspectos cognitivos, éticos, estéticos, afetivos etc.” (OLIVEIRA, 1996, p. 227).

Essa perspectiva para o ensino de Física é a que encontramos no livro “Understanding Physics” (CASSIDY, HOLTON, RUTHERFORD, 2002), que introduz o aprendiz aos estudos por meio de um convite à vivência de ideias que constituem a história. Os autores afirmam:

Como em qualquer curso de ciências, você vai aprender sobre muitos dos importantes conceitos, teorias e leis que compõem o conteúdo da ciência, física, neste caso. Mas este curso vai além; ele apresenta a ciência como experiência, como uma aventura intelectual integrada e excitante, como o produto da movimentação contínua da humanidade para conhecer e compreender o nosso mundo e nossa relação com ela. (CASSIDY, HOLTON, RUTHERFORD, 2002, p. 3).

Os autores prosseguem ao dizer que as ideias de hoje ganham vida quando olhamos para trás e as compreendemos de acordo com suas origens, imersos em contextos e personagens: “quem eram as pessoas que chegaram a essas ideias em sua luta para entender a natureza e como essa luta continua até hoje” (ibid., p. 3).

Dessa forma, “como você observa a ascensão e a queda das teorias físicas, você vai ganhar uma apreciação da natureza da ciência” (ibid., p. 3), permitindo entender “por que as teorias atuais são aceitas hoje, e o impacto que elas produzem sobre a cultura em que surgiram” (ibid., p. 3); as transformações historicamente ocorridas na dinâmica das evoluções ou revoluções científicas permitem compreender o mundo físico contemporâneo.

Nesse sentido, Robilotta (1988) problematiza um ensino que não se pauta na coerência histórica dos conceitos em voga:

Por exemplo, é muito comum começarmos um curso de mecânica clássica discutindo as leis da dinâmica de Newton. Ao fazermos isso, em geral

trabalho do professor⁷ e o recurso mais empregado na elaboração das atividades didáticas⁸ e, portanto, de fundamental importância na escolarização do sujeito⁹ mesmo hoje com tantos recursos para busca de informações¹⁰, inclusive nos cursos superiores¹¹ e muitas vezes é fonte exclusiva de conhecimento para estudantes e professores¹².

Segundo Hosoume *et al.* (2011), há em torno de meia centena de dissertações e teses que tiveram o livro didático de Física como objeto de pesquisa, e em apenas cinco anos (provavelmente o levantamento considerou as defesas a partir de 2005 ou 2006). Para os autores, destas, poucas pesquisas levaram em consideração as relações entre professor, aluno e livro didático. Além disso, eles apontam que boa parte delas (48%), apesar de ter o livro didático como um dos objetos de investigação, são pesquisas que visam dar suporte ao ensino aprendizagem, tendo, portanto, este material como coadjuvante na análise, atribuindo-lhe valor secundário.

Cunha *et al.* (2007), em pesquisa com alunos de distintos cursos, mas dentro da área das ciências exatas, apontam que o uso de livros textos de física é maior quando há indicações de interesse por esse campo específico. Inferimos que além da aproximação do curso com essa disciplina específica, há um elo com a tradição do campo representativo da disciplina – Física – inerente aos próprios cursos que permite potencializar as considerações com relação a determinadas teorias e práticas; elo que não existe em outros cursos culturalmente mais distantes. O que não significa que essas teorias e práticas sejam menos importantes na formação do profissional, seja da engenharia mecatrônica – onde o interesse pela Física é maior –, seja na engenharia eletrônica – onde o interesse é menor – (ibid.). A questão a que nos

⁷(TAUCEDA, NUNES, DEL PINO, 2011; MARPICA & LOGAREZZI, 2010; ARAÚJO NETO & SANTOS, 2001; MEGID NETO, 2011; LOGUERCIO, SAMRSLA e DEL PINO, 2001).

⁸(AMARAL, XAVIER e MACIEL, 2009; ROSA & MOHR, 2010; CARNEIRO, SANTOS e MÓL, 2005).

⁹(ROSA & SILVA, 2010)

¹⁰(MARTORANO & MARCONDES, 2009; CARNEIRO, SANTOS e MÓL, 2005; MARTÍN, BARRERO, SÁNCHEZ e CORNEJO, 2011).

¹¹(LOPES & MARTINS, 2009).

¹²(DELIZOICOV, ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2002; MEGID NETO & FRACALANZA, 2003; MARTINS & CASTRO, 2009; ROSA & SILVA, 2010; LOBATO *et al.*, 2009; TAVARES, 2009; JACQUES, MILARÉ e PINHO ALVES FILHO, 2009; JIMÉNEZ VALLADARES & PERALES PALACIOS, 2001; LANGHI & NARDI, 2007).

referimos, e que é parte de nossa tese, é a problematização com relação às incongruências das distintas tradições, que podem dificultar ou mesmo obstaculizar diálogos entre esses saberes.

Souza e Porto (2009) atribuem ao livro didático a exposição de um *consenso disciplinar* e um rico objeto de investigação para analisar tendências da área de ensino no país, concepções de ciências e processo através do qual a ciência é elaborada. São elaborações escolares que exercem importantes funções nas atividades e definições de noções curriculares em se tratando do conteúdo e da forma de seu ensino, nos quais são incluídos a formação de professores (GVIRTZ *et al.*, 2002; SELLES & FERREIRA, 2004). Em nossa compreensão, o consenso disciplinar é complementado pela noção atribuída ao livro por Nascimento e Martins (2009), a de que o livro divulga *conteúdos das ciências de referência didaticamente autorizadas* (NASCIMENTO e MARTINS, 2009, p. 21-22), ou seja, os livros contêm uma estrutura didática autorizada pelos membros de suas instituições particulares.

Para Nascimento e Martins (2009), o livro didático influencia toda a prática docente, desde o planejamento das aulas (e atividades afins), no qual é incluída a seleção dos tópicos e conteúdos (SILVA, QUADROS e AMARAL, 2009) até os modelos de avaliação da aprendizagem. Além disso, este instrumento didático mobiliza uma gama de recursos “com o intento de convencer o leitor a considerar uma nova visão de mundo” (Ibid., p. 21). O livro didático serve de referência (ATAÍDE, SILVA e DANTAS, 2009) para o que é importante para o ensino (SILVA & CUNHA, 2009), quanto ao conteúdo e aos aspectos didático-pedagógicos.

Considerando esses aspectos, os livros são investigados como construções curriculares que resultam de diversos contextos, tais como o governo e os órgãos oficiais, as instituições de ensino superior, seus autores, editoras e ainda, os coordenadores, professores e alunos que escolhem, adotam e usam os livros didáticos ressignificando-os durante as atividades escolares. (GOMES, SELLES e LOPES, 2009, p. 3)

Rosa e Silva afirmam:

Partindo do pressuposto de que o livro didático é fundamental para o processo de ensino-

burguês” à valorização da “natureza como fonte de riqueza e acumulação” (ibid., p. 86), discurso que pode ser percebido nos livros textos de Física e que pode indicar tendências ou demandas sociais contemporâneas ou herança historicamente constituída pelo movimento positivista.

No entanto, os PCN+ apontam para outra direção: para os PCN+ o conhecimento em física não se reduz apenas a uma “dimensão pragmática, de um saber fazer imediato, mas devem ser concebidas dentro de uma concepção humanista abrangente, tão abrangente quanto o perfil do cidadão que se quer ajudar a construir” (PCN+ ensino médio, 2002, p. 61).

Cabe-nos nesta altura da pesquisa, traçar uma relação entre os fenômenos didáticos, ao mesmo tempo origem e continuidade de uma tradição de um ensino de Física, que se tem estabelecido por meio do estudo dos livros textos básicos, com um ensino positivista. Nossos argumentos apontam que as concepções formadas possuem uma história, são movidas por conexões ativas, têm ligadas a elas espíritos afetivos incorporados por um *ethos* e mantidos por um superego epistêmico e naturalmente persuasivo. Enfim, um *habitus* em todos os sentidos a que essa noção remete.

Sustentamos a hipótese de que os fenômenos didáticos levantados e suas consequências são estruturadores de uma história de vida que não pode ser vista por meio de uma neutralidade cognitiva e afetiva e, portanto, só pode ser esboçada de forma completa quando analisada através da constituição de uma entidade que carrega em sua fenomenologia o estudo das influências subjetivas nos comportamentos dos indivíduos.

Nesse sentido, a intervenção do professor passa a ter papel fundamental no processo de ensino aprendizagem, uma vez que as didatizações nos manuais não permitem a compreensão global de e sobre Física, mesmo que sejam inseridos, nos mesmos, complementos com o objetivo de corrigir essas distorções, porque a *praxeologia*, conforme Chevallard, apontaria para o mesmo processo didático.

Dessa forma, se faz necessária uma mudança na praxeologia dos manuais, tendo na problematização e no estudo histórico as motivações norteadoras para o planejamento dos planos de ensino.

Considerando que não há um ensino sem transposições que diferenciam os saberes – saber sábio, saber a ser ensinado e saber ensinado – argüimos que utilizando-se da história da Física outros fenômenos didáticos poderão ser produzidos, se aproximando da realidade do empreendimento científico e fornecendo subsídios para que

de forma que a leitura do livro de Duhamel não nos causa estranheza. (BRAGA, GUERRA, REIS, 2008, p. 516)

A linearidade na evolução da Física é acompanhada pela ideia de que ela acontece por meio de um acúmulo de conteúdos, sem a existência de mudanças que causam rupturas conceituais e epistemológicas.

Sobre a concepção linear e cumulativa da ciência, Ramos, Neves e Corazza (2011, p. 87) afirmam: “a presença de valores positivistas como a percepção da Ciência como uma produção de conhecimento linear e cumulativa, e ainda, sua utilização como legitimadora de verdades, tem alcançado o século XXI e o período histórico contemporâneo”.

O positivismo enquanto corrente de um pensamento “tem sua origem no empirismo desde a Antiguidade” (RAMOS, NEVES, CORAZZA, 2011, p. 86).

Porém, as bases concretas se instauram na Idade Moderna, que tem início no século XVI, solidificando-se no século XVIII. O contexto histórico é o do capitalismo de Estado e da constituição da classe burguesa, fazendo convergir interesses econômicos, políticos e ideais de racionalidade. (ZAMBIASI, 2006 *apud* RAMOS, NEVES, CORAZZA, 2011, p. 86)

O modelo de racionalidade envolvido tem como centro a matemática e um rigoroso determinismo; Santos (1988) o externaliza através da seguinte afirmação: “o rigor científico afere-se pelo rigor das medições e conhecer passa ser compreendido como quantificar, dividir e classificar” (RAMOS, NEVES, CORAZZA, 2011, p. 86). O rigor das medições tendo na matemática sua base se aproxima do fenômeno didático “Se não há equações não há física”.

Em contraposição nos PCN+ há a afirmação de que o ensino de física deve introduzir o aluno não somente na linguagem da física, com as expressões envolvendo gráficos, tabelas e relações matemáticas, mas também na percepção ou reconhecimento de que a física foi construída “ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais” (PCN+ ensino médio, 2002, p. 59).

O rigor exacerbado do método positivista apontava para uma “nova mentalidade prática e utilitarista” que conduzia “o homem

aprendizado, pois é um instrumento pelo qual os alunos são introduzidos na aprendizagem de uma disciplina científica, ele necessita ser avaliado. (ROSA e SILVA, 2010, p. 2)

Para Tulip & Cook (1991 *apud* Concari, Pozzo e Giorgi, 1999, p. 274), “o material de leitura condiciona fortemente a aprendizagem” e se constitui como verdadeiro guia para seleção do conteúdo, dos exemplos e dos problemas sugeridos (Ibid., p. 273). Também considerando como verdadeiro guia para seleção de conteúdo e para condução das atividades docentes na sugestão implícita de métodos de ensino, Garcia & Garcia (2011) afirmam que o livro didático é um instrumento fortemente presente na cultura escolar. Assim, a partir desse pressuposto fundamental, cabe aos professores de todos os níveis escolares a escolha dos livros que serão utilizados e que são coerentes com suas posições didático-pedagógicas, epistemológicas e sociológicas que deverão nortear o ensino de sua disciplina. Aguirre de Carcer (1983) afirma que os livros textos influenciam na escolha de uma (ou mais de uma) entre distintas formas de se ensinar, pois os professores, em sua maioria, respeitam este material como orientador na elaboração de estratégias didáticas. Para Jacques, Milaré e Pinho Alves Filho (2009), o livro didático é mesmo um dos principais norteadores do trabalho docente. Dessa forma, é preciso quebrar o círculo vicioso do uso dos livros medíocres (FREITAG, MOTTA, COSTA, 1997).

Preocupado com a qualidade dos livros didáticos, Tavares (2009), ao investigar a elaboração do conceito de substância em livros didáticos conclui que há superficialidade sob o ponto de vista histórico-epistemológico, o que reflete a “pouca importância que os professores e os autores de didáticos atribuem às questões histórico-epistemológicas” (TAVARES, 2009, p. 1015).

Além disso,

A “escolha” de livros limita-se a questões econômicas, práticas e estéticas, enquanto que questões sociais e epistemológicas são desconhecidas e o currículo continua sendo pouco problematizado. (LOGUERCIO, SAMRSLA e DEL PINO (2001, p. 561 *apud* TAVARES, 2009, p. 1005)

Sobre essa questão, Tavares faz um alerta:

Evidenciamos como algo muito sério o fato de questões sociais e epistemológicas serem raras ou estarem ausentes nos livros didáticos - talvez, consideradas irrelevantes. Afinal, ao apresentar temas químicos sem uma relação social e histórica, além de tornar pouco significativo o aprender desses temas, acaba causando o desinteresse discente, pois a ele é apresentado algo bastante distante do mundo real. (TAVARES, 2009, p. 1005, grifos nossos)

Condizente com o apontamento de Freitag, Motta e Costa (1997), Martorano e Marcondes (2009) asseveram que

... tanto o professor quanto o aluno devem estar cientes que os livros didáticos não são neutros no que diz respeito a imagem de ciência que eles podem transmitir. Assim, o professor ao escolher o livro que será utilizado em sala de aula, deveria levar em consideração que este pode ter influência na visão que os alunos poderão desenvolver sobre a ciência no ensino médio. (MARTORANO & MARCONDES, 2009, p. 352)

Para Pro Chereguini e Pro Bueno (2011), o livro didático *confunde-se com o próprio currículo oficial*: “de fato, quando alguns professores falam do programa da disciplina ou dos conhecimentos que devem ensinar aos estudantes, se referem mais a este recurso didático e menos ao documento legislativo aprovado pela Administração” (PRO CHEREGUINI e PRO BUENO, 2011, p.149). Este material pode até servir para que professores e alunos se atualizem do ponto de vista científico (ibid.) e pedagógico. Eles afirmam:

Nesta situação de permanente transitoriedade [de reformas na educação], muitos professores se queixam de que não sabem ou não compreendem que novidades introduz a última modificação curricular. Neste contexto de desorientação, os livros didáticos podem responder perguntas tão importantes como que conteúdos se devem trabalhar ou, inclusive, como se devem ensinar. (PRO CHEREGUINI e PRO BUENO, 2011, p.150)

1872), obra cujo autor era fortemente influenciado pelo positivismo de Comte: “O caminho encontrado por Duhamel segue a tradição do século XIX e está de acordo com aquilo que, na mesma época, Auguste Comte propunha para a educação científica” (BRAGA, GUERRA, REIS, 2008, p.516).

Para Comte (1978) há dois modos de se ensinar ciências: o histórico e o dogmático. Em sua concepção, “a tendência constante do espírito humano, quanto à exposição dos conhecimentos é, pois, substituir progressivamente a ordem histórica pela ordem dogmática, a única conveniente ao estado aperfeiçoado de nossa inteligência” (COMTE, 1978 *apud* BRAGA, GUERRA, REIS, 2008). Comte (1978) acreditava que o caminho histórico era inviabilizado na medida em que os conteúdos se complexificavam.

Além do mais, para Comte (1978) o ensino deve ser feito pela exposição lógica de conteúdos, por uma organização de um “sistema de ideias tal como poderia ser concebido hoje por um único espírito...” (COMTE, 1978 *apud* BRAGA, GUERRA, REIS, 2008, p. 516), o que difere de uma apresentação histórica do conteúdo se consideramos que o contexto de sua produção, incluindo os distintos espíritos (ou estilos de pensamento) que dele participam, é um potencial influenciador para o apontamento dos caminhos possíveis da ciência.

Essa forma de organizar o conteúdo caracteriza um método dogmático, no sentido de que não há abertura para revisão explícita entre distintos espíritos (ou estilos) que são encontrados na história, não dando oportunidade nem para o desenvolvimento de uma análise crítica. Trata-se do fenômeno didático “Física é dogmatista”.

Também é possível inferir desse ponto da análise que a falta de uma discussão onde controvérsias e questões sócio-políticas e afetivas contextualizam o fazer científico pode levar a uma visão de ciência caracterizada por ter sido empiricamente testada, analiticamente comprovada e, portanto, como uma teoria que traz a *verdade absoluta*.

Ainda com relação à organização baseada na obra de Comte, esta fornece a ideia de uma evolução linear do conhecimento, tal como a encontrada nos livros analisados, pois o conteúdo é disposto por uma sequência sem uma discussão que pode levar a alguma ruptura com o espírito sustentado:

As teorias são seqüenciadas de uma forma lógica, fornecendo ao estudante uma visão organizada dos conteúdos. Esse tipo de caminho é o mesmo utilizado hoje pelos manuais didáticos modernos,

“Note-se que a suposição dos positivistas [do círculo de Viena] era que os processos lógicos dedutivos não poderiam produzir erro, de forma alguma. Os processos seriam seguros e infalíveis” (PETERS, MORS, 2009, p. 15). Ao contrário, há um repúdio a qualquer metafísica, pois não pode ser observada ou sentida e, portanto, é duramente rejeitada (ibid., p. 15). A ciência seria um conjunto de proposições verificáveis; “em outras palavras, todos os enunciados e proposições da ciência são testáveis, verificáveis, possuindo, assim, sentido” (ibid., p. 16). Poderíamos dizer, *afinal a Física é uma obra acabada e como tal pode ser testada para obter confirmações ou refutações*, tal qual o *fenômeno didático* “Física é uma obra acabada”.

Outro fenômeno didático é a relação entre a obra Física e a sua matematização sem a qual ela não pode ser legitimada⁸⁹. O positivismo lógico “tomava como ponto de partida a matemática (SAMANIEGO, 1994, p. 112): “a matemática é a base fundamental de toda filosofia e deve ser o começo de toda educação racional, pois ela é Universal” (SAMANIEGO, 1994, p. 106).

De forma global, os fenômenos didáticos levam a visão de uma imparcialidade ou neutralidade científica, uma vez que eles são estruturados sem a externalização de questões que problematizam os próprios conceitos dados como científicos presentes nos livros quando valores e crenças estão em jogo em suas origens.

Nesse sentido, Oliveira (1996) expõe o seguinte:

Uma alternativa ao paradigma positivista, sobretudo nos campos da história e da sociologia, são as abordagens que tomam por base o materialismo histórico de Marx. Como instrumento de crítica à visão de imparcialidade ou neutralidade científica, essas abordagens cumpriram um papel importante ao demonstrar que os interesses de classe atuam sobre o trabalho investigativo, estando as visões do homem e da sociedade inevitavelmente impregnadas por juízos de valor. (OLIVEIRA, 1996, p. 223)

Não obstante, os livros não parecem ter seguido este caminho, e a presença da visão positivista não é nova. Braga, Guerra e Reis (2008) expõem o *Curso de Mecânica* de Jean Marie Constant Duhamel (1797-

⁸⁹ Estamos nos referindo ao fenômeno didático “Se não há equações não há Física”.

Além disso, os autores desse trabalho afirmam que os livros didáticos cumprem a função de dar segurança para os alunos, no sentido de proporcionar explicações para o conteúdo que não ficou totalmente esclarecido em sala de aula, e sugerir atividades para treinamento e reflexão.

Por último, os autores observam que mesmo tendo muitas críticas a respeito da estrutura e do conteúdo dos livros didáticos, são poucos os professores que não a utilizam para guiar suas aulas, o que o torna objeto de importância fundamental para pesquisas mais apuradas. Também é o que sugerem Lobato *et al.* (2009), pois sustentam que o livro didático é material para atividades de sala de aula de fácil acesso, quando comparado com outros, como aparatos de laboratório, por exemplo.

Pela disponibilidade e/ou facilidade de acesso ao livro didático, percebe-se que os conteúdos selecionados pelos autores acabam sendo, em muitos casos, os mesmos conteúdos que o professor desenvolve em sala de aula. Por este motivo, livros didáticos têm sido compreendidos como agentes determinantes de currículos, limitando a inserção de novas abordagens e possibilidades de contextualização do conhecimento. (LOBATO *et al.*, 2009, p. 2)

Ao considerar que o livro é uma *fonte de consulta permanente*, Ramírez, Badillo e Miranda (2010) analisaram a transposição didática que é feita em livros didáticos utilizados por professores de Bogotá (Colômbia) sobre o Modelo Atômico de Bohr, e concluíram que há diferença considerável entre a proposta de Bohr e aquilo que é apresentado nos livros.

Fazendo menção à importância do livro didático, Macedo & Silva (2010) observam:

Necessário dizer que o livro didático talvez seja o material de apoio mais importante para o professor. É inclusive nele que o professor de Física freqüentemente se apóia para elaborar suas atividades de ensino. A importância dos livros didáticos também pode ser aferida a partir do alto investimento governamental (PNLEM) em sua avaliação, compra e posterior distribuição para

todas as escolas de Educação Básica da rede pública brasileira (p. 8).

Também Rosa e Mohr (2010) chamam atenção ao grande investimento que se faz presente quando se trata de propor programas para análise de livro didático:

O tema da análise do livro didático continua sendo de atualidade na escola brasileira uma vez que este material didático é o mais presente nas salas de aula e é objeto de política pública que envolve grande dotação financeira. O Programa Nacional do Livro Didático movimenta grandes cifras na avaliação, compra e distribuição destes materiais didáticos. Em 2009 elas foram superiores a 690 milhões de reais (Brasil, 2010). Em que pese um número crescente de trabalhos de investigação destinado ao tema da análise do livro didático nas últimas décadas, este ainda tem apresentado problemas que podem comprometer seu uso em sala de aula. (ROSA e MOHR, 2010, p. 95)

Neste espaço, dedicado à reflexão sobre uso do livro didático – por meio de uma revisão bibliográfica sobre este tema – são indicadas pesquisas e posições de vários pesquisadores e docentes. Para Garcia (2009), há poucas pesquisas “sobre relações entre professores, alunos e livros no ensino, apesar do número significativo de estudos já realizados sobre livro didático” (p.1).

Considerando a importância do conteúdo e da estrutura dos livros, as pesquisas a seguir trabalharam com aspectos pontuais de obras didáticas. A fim de contextualizar o que tem sido feito sobre este objeto de investigação, faremos, de forma sintética uma explanação sobre algumas publicações em importantes veículos de divulgação de pesquisas – uma revisão de literatura. Procuramos citar os trabalhos encontrados conforme são percebidos dentro de certos arranjos identificados por meio de seus objetivos e resultados. Cada arranjo, portanto, será composto por certo número de publicações com algum aspecto em comum, que pode ser relacionado com o objetivo da pesquisa ou com seu resultado. O primeiro arranjo, que denominaremos de *arranjo E*, é caracterizado por ter em comum a externalização de *erros conceituais* em livros textos; o segundo, o *arranjo A*, é caracterizado por conter [o livro] um discurso que pode levar à

A indução e a dedução são aspectos pertencentes ao empirismo e ao racionalismo, respectivamente, enquanto partes da Teoria do Conhecimento, o que parece indicar que o *fenômeno didático* que aponta ora para um “empirismo” ora para o “racionalismo”, pode ser sustentado pelas proposições positivistas, tendo em vista que estas não são discutidas nos textos, distorcendo-os.

Assim, segundo Peters e Mors (2009), “o método era o critério de demarcação entre ciência e pseudociência. A ciência possui o método indutivo, do positivismo de Comte, porque produz enunciados universais ou leis que constituem teorias, e o método hipotético-dedutivo, comumente atribuído ao positivismo do Círculo de Viena. Cada enunciado universal pode ser verificado por experimentos. Se a predição do enunciado se concretizar no experimento, o enunciado está provado, verificado” (ibid., p. 16). No entanto, o que pode ser observado nos livros textos de Física analisados é que o método indutivo e a verificação empírica pós-indução não são tratados como tal, ou seja, não está claro quando se faz uso do primeiro e quando está implícita a segunda.

Indo além, o positivismo ao sobrevalorizar os métodos científicos acaba atribuindo ao fazer ciência, certo grau de dogmatismo: “Criticando com razão o dogmatismo dos quadros teóricos, tais abordagens apontam, porém, como alternativa, um olhar inerte, omissivo, isento de perspectivas transformadoras” (OLIVEIRA, 1996, p. 231). Esse aspecto do positivismo também parece indicar uma aproximação com o *fenômeno didático* “Física é dogmatista”, em consonância com a teoria comteana: para Comte (*apud* SAMANIEGO, 1994) dogmas são necessários para “acabar com antigos sistemas”, mas uma vez instalados, entram em um estado positivo denominado por “Poder Espiritual”.

Esse aspecto do pensamento comteano contraria os objetivos do ensino de Física conforme os PCN+: o documento adverte que “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” (PCN+ ensino médio, 2002, p. 61).

Além disso, o ensino que promove a formação dos fenômenos didáticos (apontados nessa pesquisa) parece não permitir a visualização de um mundo físico complexo e em transformação “resultantes de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social” (PCN+ ensino médio, 2002, p. 67), como requer os PCN+.

considerados como não passíveis de discussão, como o conceito de *fato* determinado por uma *problematização*. As coações e catarses procuram apontar para espíritos científicos ou estilos de pensamento.

Os fenômenos didáticos, sendo representativos de uma formação baseada no livro texto básico de Física, são percepções que problematizam o ensino quando este material é considerado como o recurso mais precioso do processo de iniciação no campo e do exercício profissional posterior. O livro tem, devido a importância que lhe é atribuída, o potencial de instigar a absorção de práticas específicas, muitas vezes distorcidas, sobre a disciplina e seu contexto, transformando-as em verdadeiras conexões ativas, em verdadeiros espíritos cognitivo-afetivos.

5.2 FENÔMENOS DIDÁTICOS: RELAÇÕES COM AS REGRAS DO POSITIVISMO E A CONTRAPOSIÇÃO COM OS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS

Os fenômenos didáticos levantados junto das perspectivas que parecem acompanhá-los parecem estar alimentando a formação de histórias de conjecturas semelhantes em alguns aspectos às percepções defendidas pelo positivismo de Comte e pelo positivismo lógico do Círculo de Viena.

Assim, a perspectiva do ensino de Física segundo os PCN+ não parece estar sendo contemplada, tal como indicamos no capítulo 1; segundo os PCN+: “o ensino de Física vem deixando de se concentrar na simples memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos” indicando a “consciência de que é preciso lhe dar um significado, explicitando seu sentido já no momento do aprendizado” (BRASIL, PCN+ ensino médio, 2002, p. 60).

O “método científico, para o positivismo de Comte, era a indução. Através da observação de fatos semelhantes se induziriam leis ou enunciados universais; a partir dos enunciados universais podemos, de forma dedutiva, inferir enunciados menos universais ou específicos. Todos eles, igualmente, são verificáveis” (PETER, MORS, 2009, p. 16).

No entanto, ao comparar “o Positivismo Lógico e o Comteano, [é possível observar] que embora partilhassem idéias bastante semelhantes, a epistemologia do Círculo de Viena defendia que a base empírica da ciência poderia ser efetiva no plano lógico das proposições. Tais reflexões causaram impacto sobre a ciência, uma vez que a linguagem passou a ser parâmetro da cientificidade, algo até então não defendido” (PÓVOA *et al.*, 2012, p. 6).

acriticidade científica, formada principalmente pela ausência de questões sobre as teorias e os objetos que delimitam o saber da ciência; o terceiro, o *arranjo P*, é aquele que leva a questões de ordem pedagógica de forma mais direta; o quarto, o *arranjo I*, trata de analisar a ideologia ou os valores dos autores dos livros ou aqueles contidos nos textos, sem se referir diretamente aos autores; o *arranjo H* se caracteriza por pesquisas que procuram verificar a contextualização social ou histórica presente nos livros; e, por último, o *arranjo T* é aquele que organiza os trabalhos que analisam a estrutura dos livros, como a falta de relações entre conceitos ou entre áreas intra-relacionadas.

1.1 O ARRANJO E (ERROS CONCEITUAIS)

Diversas pesquisas foram feitas identificando erros conceituais em livros didáticos em muitas áreas do conhecimento. Dentro do campo das Ciências Biológicas, são encontrados erros conceituais sobre os temas virologia (BATISTA, CUNHA e CÂNDIDO, 2010), gene (GERICKE & HAGBERG, 2011), micologia (ROSA & MOHR, 2010) e evolução histórica do universo (PÉREZ RODRÍGUEZ, ÁLVAREZ LIRES & SERRALLÉ MARZOA, 2009) em livros de Ciências ou de Biologia para o Ensino Básico. Curiosamente, dentro deste arranjo, e dos anos considerados no levantamento das revistas e congressos, enquanto as pesquisas envolvendo livros de Biologia são todas feitas por meio de análises de obras do ensino básico, as análises no campo da Química encontradas foram feitas todas em livros de ensino universitário. Assim, são identificados erros conceituais em conteúdos referentes a modelos atômicos que se utilizam de analogias com “pudim de passas” (LOPES & MARTINS, 2009), ao modelo atômico quântico (SILVA & CUNHA, 2009), à noção de energia livre de Gibbs (QUÍLEZ, 2009), e a aspectos teórico-práticos sobre segurança e destino de rejeitos químicos em experimentos (ATAÍDE, SILVA & DANTAS, 2009).

1.2 O ARRANJO A (ACRITICIDADE)

Dentre os trabalhos que levam à compreensão de que os livros não colaboram para formar sujeitos críticos, também não encontramos referência a livros de Física. Além disso, também não há referência a livros de cursos universitários. Com relação aos livros de Ciências ou Biologia, as pesquisas indicam que questões de forma geral e em especial de âmbito social não são abordadas, podendo colaborar com a formação de sujeitos conservadores, passivos, acrílicos (NOSELLA,

1981 *apud* GÜLLICH, EMMEL e PANSERA-DE-ARAÚJO, 2009, p. 8). Algumas investigações analisam se conceitos científicos são tratados através de uma discussão crítica e se as anomalias são consideradas de forma conceitualmente atualizada (SANTOS & EL-HANI, 2009). Há casos em que os conceitos são usados de forma arbitrária (CARMO, NUNES-NETO & EL-HANI, 2009), sem argumentos sobre o potencial explicativo em detrimento de outras noções existentes que dizem respeito ao mesmo objeto. Com relação aos livros de Química, há apontamentos de que eles são estruturados por enunciados universais, e não como modelos que foram elaborados por cientistas (MARTORANO & MARCONDES, 2009) e que podem ser criticamente analisados, e até alterados. Faltam, enfim, problematizações e argumentações que são substituídos por descrições e evocações negando a atitude investigativa própria da ciência (SILVA; MARTINS, 2009a).

1.3 O ARRANJO P (QUESTÕES DE ORDEM PEDAGÓGICA)

Incluímos no *arranjo P* artigos que tratam de analisar aspectos de ordem cognitiva, questões da esfera metodológica e falta de relações entre conceitos ou teorias que dificultam a aprendizagem da ciência. Dentro da área das ciências biológicas uma das pesquisas se preocupa com as condições cognitivas que os alunos devem ter para que eles possam compreender o que está posto no livro didático (COUTINHO; SOARES, 2010). Em outra pesquisa os autores argumentam que o uso de grande quantidade de termos técnico-científicos compromete a aprendizagem do fenômeno estudado e que determinadas sínteses, como quadros resumos, levam mais à memorização do que ao entendimento (JOTTA & CARNEIRO, 2009). Outras pesquisas problematizaram a forma com que certas analogias eram utilizadas no ensino de Biologia, principalmente com relação à falta de limites entre os elementos comparados que poderiam influenciar a construção de modelos mentais (TAUCEDA, NUNES, DEL PINO, 2011) e a avaliação crítica das semelhanças propostas (ZAMBON, PICCINI & TERRAZZAN, 2009).

Na área da Física pesquisas indicam o problema da falta de limites em analogias (ZAMBON, PICCINI & TERRAZZAN, 2009) e metáforas sugerindo que todas as possibilidades de semelhanças e de diferenças entre os *objetos* comparados sejam explanadas (SILVA & MARTINS, 2010). Outros trabalhos focaram a física do livro texto de ensino superior e a compararam à física desenvolvida pelos cientistas (ARAÚJO & SILVA, 2009), demonstrando incompatibilidades entre elas ou afastamentos provocados pela transposição didática (KRAPAS,

situações conhecidas. Isso acaba se tornando um problema na medida em que na diversidade de fenômenos encontrados no cotidiano nem todas podem ser resolvidas, como é de se esperar.

Na educação escolar, esses fenômenos podem ser explicitados a fim de obter o que Fleck entende como *complicação*, ou seja, momento em que o EP não consegue explicar de forma satisfatória um problema a ser enfrentado. No entanto, não é fácil identificar que determinado fenômeno se constitui como um problema para o EP. Primeiro, é preciso conhecer bem o estilo de pensamento para após refletir a respeito

Didaticamente, Fleck diz que toda inserção em uma área se dá de forma coercitiva em seu início, pois é a entrada num mundo fechado e o aluno precisa receber uma “bênção de iniciação” (Ibid., p. 99). Assim, achamos razoável supor que dentre as coerções de pensamento da introdução ao campo da docência em Física, se encontram aquelas que podem ser encontradas nos livros básicos da área, tais como a estruturação transposta dos conteúdos, a didática nela disponível, e os fenômenos didáticos nem sempre conscientes elaborados.

O estudo das principais obras do campo da Física na formação docente, pois, acabam constituindo verdadeiras conexões ativas ao estabelecer compreensões coletivas sobre a Física e seu Ensino. Estas, tendo sido incorporadas a um estilo de pensamento do professor de Física podem ser por analogia, problematizadas ao serem postas em confronto com as conexões passivas da profissão docente, tais como as situações de ensino aprendizagem mal sucedidas.

5.1.3 Pela convergência epistemológica entre Fleck e Bachelard

Um ponto importante que aproxima Fleck de Bachelard para análise dos livros textos diz respeito ao mundo da iniciação na academia científica: para Bachelard, há catarses intelectuais e afetivas com relação a intuições particulares; para Fleck, há envolvimento causado por certa coação em direção a pensamentos e práticas de um determinado campo. As catarses bachelardianas, dos erros e obstáculos, efetuadas por meio de uma psicanálise do conhecimento, procuram estruturar um espírito científico em detrimento de espíritos do senso comum e de filosofias historicamente ultrapassadas, tendo na abstração o exemplo de progresso ao qual toda ciência deve perseguir. Já a coação a que Fleck se refere deve fazer com que os sujeitos incorporem determinadas características de estilos de pensamento específicos de um campo particular do conhecimento ao enfrentar problemas ainda não resolvidos, adquirindo noções e redefinições de conceitos que até então podem ser

ou sem sentido” (Ibid., p. 156). De forma específica à área das ciências exatas, Fleck afirma:

As ciências exatas modernas também distinguem entre “problemas reais” e “pseudoproblemas”. Dessa postura surge uma atribuição específica de valores e uma intolerância característica, que são traços comuns de qualquer comunidade fechada. (Ibid., p. 156)

Além disso, como não devia deixar de ser, também um experimento com o fim de comprovar um pensamento não é isento de valores pertencentes a um EP específico: “a comprovação da veracidade está (...) tão vinculada ao estilo de pensamento quanto à pressuposição” e, portanto, “a coerção de pensar, o hábito de pensar, ou pelo menos uma aversão pronunciada contra qualquer pensamento alheio ao estilo de pensamento vigiam a harmonia entre a aplicação e o estilo de pensamento” (p. 156).

Há formação de hábitos de pensamento que de certa forma postulam teoria, ação e resultado, mas que podem ser conscientizados para reflexão posterior:

Em determinado estágio do desenvolvimento, os hábitos de pensamento e as normas são vistos como óbvios, como sendo os únicos possíveis, como aquilo que não é passível de reflexões ulteriores. No entanto, uma vez tornados conscientes, também podem ser considerados como sobrenaturais, como dogmas, como sistema de axiomas ou convenção útil. (Ibid., p. 158-169)

Os hábitos de pensamento, no círculo esotérico, são formados em iniciações que incluem o que Fleck denomina de *circulação intracoletiva*, ou seja, entre membros do círculo esotérico.

É, pois, na formação inicial que certos hábitos delineiam o estilo de pensamento com o qual o pretendente a professor passará a visualizar problemas, soluções. As concepções introjetadas sobre Física e Ensino de Física sob a forma de conexões ativas acabam sendo suportes para decisões e interpretações sobre as demandas do campo.

Assim, toda uma forma de pensar, sentir e agir é estruturada pelo sujeito, enraizando noções e comportamentos muitas vezes não conscientes que dão a sensação de que podem ser aplicados em todas as

2011). Uma pesquisa com o mesmo objetivo foi feita na Argentina, e os autores sugeriram a história da ciência como uma forma de minimizar a distância entre a ciência do cientista e a ciência escolar (CORNEJO & ARRIAZU, 2009).

Também encontramos trabalhos que se preocupam com o contexto no qual é feito o ensino de Física, ora muito afastados do cotidiano real do aluno (CUSTÓDIO, PIETROCOLA & CRUZ, sem data), ora sem estabelecimento de relações mais abrangentes entre ciência, sociedade e tecnologia (MACEDO & SILVA, 2010).

Na área da Química também foi encontrado um trabalho sobre analogias em livros de ensino médio (FRANCISCO JUNIOR, BARROS, GARCIA & OLIVEIRA, 2011), outro sobre a falta de relações entre os distintos campos da ciência (SILVA & CUNHA, 2009) e ainda uma pesquisa em livros de Ciências do Ensino Fundamental que considera muito pouco o conceito de energia quando se trata do ensino de Química (JACQUES, MILARÉ & PINHO ALVES FILHO, 2009).

1.4 O ARRANJO I (IDEOLOGIA)

Dentro deste arranjo há autores que argumentam que ideologias e valores interferem na compreensão dos textos didáticos, e apontam para relevância das crenças, dos valores, dos interesses e das práticas culturais dos estudantes, sujeitos sócio-históricos (PAULA & LIMA, 2011; SOUZA & PORTO, 2009). A falta de problematizações e argumentações (SILVA E MARTINS, 2009b) em torno dos objetos da realidade pode levar a uma concepção de ciência arbitrária ou movida por aspectos puramente subjetivos. Além disso, há pesquisas que indicam que os livros de Química do Ensino Médio parecem ter em seu discurso a imagem de que a ciência é um empreendimento movido por ações empiristas e indutivistas (MARTORANO & MARCONDES, 2009).

Na área da Biologia, há pesquisas que indicam que o tema da evolução em livros ainda é assunto que gera controvérsias (HURTADO & GARCIA, 2010), sendo que Lamarck é considerado em muitas obras como sendo um teórico que fazia especulações, e não como um cientista tal como é apresentado Darwin (ALMEIDA & FALCÃO, 2010). Assim, a pesquisa em livros retrata a importância desse veículo de estudo e de informações fazendo subentender que é uma boa forma de investigar posições ideológicas dos autores, que pode ser exemplificado também pelas pesquisas que apontam o valor utilitarista, antropocêntrico, empregado nos discursos de autores de livros que buscam contemplar a

educação ambiental, principalmente em livros de ciências da educação básica (BONOTTO & SEMPREBONE, 2010).

Na área da Física, Piassi, Santos, Vieira e Ferreira (2009) analisaram, em livros de Física do Ensino Médio, partes dos textos em que há citações de Aristóteles, procurando verificar se há somente meras informações ou se elas têm uma função pré-determinada. Um dos resultados é a veiculação de uma ideologia: a de ensino de ciências como ensino de resultados:

Do ponto de vista ideológico, temos um discurso que se afina a ideia de ciência de resultados. A atividade científica, para ser legítima, tem que produzir soluções a problemas pré-determinados. Fazer ciência nesse contexto não é especular, teorizar ou questionar e sim produzir soluções eficientes. (p. 16)

1.5 O ARRANJO H (CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA)

No *arranjo H* inserimos as pesquisas que tratam de investigar o contexto nos livros didáticos quanto a seus erros históricos (ARAÚJO & SILVA, 2009), a não externalização de problematizações que levaram à evolução científica (ROSA & SILVA, 2010) ou mesmo quanto ao pouco desenvolvimento da conjuntura que levou ao desenvolvimento científico (BATISTELI, ARAÚJO & CALUZI, 2010; FRANÇA, MARGONARI & SCHALL, 2011). Com relação à falta de problematizações na exposição do conteúdo nos livros, Rosa e Silva (2010) argumentam que a presença do contexto histórico não é garantia de que os alunos são estimulados à investigação ou de que haja o desenvolvimento da capacidade investigativa.

Ainda nesse arranjo, uma pesquisa comparou livros didáticos de ciências do Ensino Fundamental com livros didáticos acadêmicos que abordavam o tema Fungos, tendo como uma das diferenças a ênfase dada a tópicos relevantes à população em massa, nos livros de ensino básico, e a ênfase a aspectos unicamente científicos, nos livros acadêmicos (MESSIAS & SALOMÃO, 2009).

Uma pesquisa realizada na área do ensino de Física apresenta como um dos resultados as consequências de um discurso textual caracterizado pela atemporalidade dos acontecimentos, o que fez com que muitos alunos colocassem Maxwell na mesma época (século) de Huygens (ARAÚJO & SILVA, 2009).

coletivo de pensamento, pois somente há resistência onde existe alguma aspiração.

(2) *A resistência tem que atuar enquanto tal no coletivo de pensamento e ser intermediado, a cada participante enquanto coação de pensamento e ainda enquanto forma (Gestalt) a ser vivenciada de maneira imediata.* No processo de conhecimento, isso se manifesta como acoplamento dos fenômenos, que, em hipótese alguma, pode ser dissolvido de modo intracoletivo.

(3) *O fato tem que ser expresso no estilo do coletivo de pensamento.*

(Ibid., p. 151-152)

Assim, cientistas são influenciados de forma decisiva pelo EP que por sua vez define e dá forma aos fatos: “se alguém tivesse perguntado a um pesquisador daquele tempo por que esse teorema estava em vigor (...), ele apenas poderia ter respondido: ‘porque é verdade’” (Ibid., p. 152)⁸⁸.

A resistência à mudança dentro de um estilo de pensamento acontece porque os membros deste coletivo se encontram acoplados ativamente pelos pensamentos e práticas que definem este estilo em particular e passivamente na interação com os fenômenos. As teorias, dessa forma, podem ser vistas como coações que proporcionam acoplamentos passivos, no sentido de que são elas que mostram a realidade que, por ser objetiva, não se encontra no sujeito, dando a impressão de ter, de fato, uma existência efetiva – independente do sujeito. Para Fleck, contudo, um saber não é isento de conexões ativas, historicamente instaladas no sujeito e que, mesmo que não de forma decisiva, acaba por influenciar na elaboração do conhecimento. Dessa forma, afirma Fleck: “A tendência geral do trabalho de conhecimento é, portanto: *um máximo de coerção de pensamento (Denkzwang) com um mínimo de pensamento baseado na própria vontade*” (Ibid, p. 144).

Assim sendo, as conexões ativas limitam os problemas que podem ser admitidos como sendo válidos para determinada comunidade, e são “ignorados ou rejeitados por serem considerados sem importância

⁸⁸ Os especialistas são tão envolvidos com seus estilos de pensamento que acabam por ser influenciados pelo que Fleck denomina de “harmonia das ilusões”.

aqueles que compartilham do mesmo EP⁸⁵; fazem parte do CP, tanto o grupo de especialistas (círculo esotérico – pesquisadores, por exemplo, aqueles que trabalham como físicos, como biólogos, como químicos, como astrônomos, como geólogos, como historiadores; ou, de forma mais específica, como geneticistas, como físicos nucleares, como especialistas em educação etc.) como os não especialistas que de alguma forma compartilham os pressupostos e comportamentos da área (círculo exotérico – os engenheiros em relação aos físicos, os médicos em relação aos biólogos, os sociólogos em relação aos historiadores, os professores da educação básica de Física em relação aos pesquisadores em Física etc.).⁸⁶

Estilos de Pensamento embasam conhecimentos que são complexificados com o que Fleck entende como um fato científico⁸⁷: algo que não estava previsto, uma resistência ao pensamento (Ibid., p.151), mas detectado pelas conexões passivas em um determinado momento histórico. Fleck afirma que um fato “possui uma relação tripla com o coletivo de pensamento”:

(1) *Cada fato tem que se alinhar ao interesse intelectual do respectivo*

⁸⁵ Fleck define coletivo de pensamento como “portador comunitário do estilo de pensamento” (Ibid., p. 154)

⁸⁶ Fleck pontua o seguinte: “em torno de qualquer formação do pensamento, seja um dogma religioso, uma ideia científica ou um pensamento artístico, forma-se um pequeno círculo esotérico e um círculo exotérico maior de participantes do coletivo de pensamento. Um coletivo de pensamento consiste em muitos desses círculos que se sobrepõem, e um indivíduo pertence a vários círculos exotéricos e a poucos círculos esotéricos” (Ibid., p. 157). Em outro ponto de seu livro, Fleck escreve: “se definirmos o ‘coletivo de pensamento’ como a comunidade das pessoas que trocam pensamentos ou se encontram numa situação de influência recíproca de pensamentos, temos, em cada uma dessas pessoas, um portador do desenvolvimento histórico de uma área de pensamento, de um determinado estado do saber e da cultura, ou seja, de um estilo específico de pensamento” (Ibid., p.82)

⁸⁷ Fatos, segundo Fleck, são determinadas por evolução de ideias previamente concebidas: “muitos fatos científicos e altamente confiáveis se associam, por meio de ligações evolutivas incontestáveis, a protoideias (pré-ideias) pré-científicas afins, mais ou menos vagas, sem que essas ligações pudessem ser legitimadas pelos conteúdos” (Ibid., p. 64). Assim, ele define a noção de protoideia da seguinte forma: “pré-disposições histórico-evolutivas de teorias modernas” (Ibid., p. 66).

1.6 O ARRANJO T (ESTRUTURA)

O *arranjo T* contempla as áreas da Biologia e da Química. Com relação à primeira, há trabalhos que procuram investigar as relações entre elementos teóricos que auxiliam o ensino-aprendizagem (RODRIGUES, JUSTINA & MEGLHIORATTI, 2011; GOMES, SELLES E LOPES, 2009; CIRINO & SOUZA, 2010) e entre os objetos e seu contexto (SALES & LANDIM, 2009).

Na área da Química, alguns autores chamam a atenção para a visão simplista dos fenômenos que pode ser transmitido pelo livro didático (LOBATO et al., 2009), enquanto outros procuram investigar as relações existentes entre ciência e tecnologia ou o precário ou inexistente vínculo entre ciência, tecnologia e sociedade – CTS – (AMARAL, XAVIER & MACIEL, 2009).

1.7 ARRANJO INDEFINIDO

Outros trabalhos procuraram investigar aspectos não citados até então nessa revisão de literatura, portanto, os definimos por meio de sua inserção no que denominamos como *arranjo indefinido*. Dentre esses, encontramos pesquisas que ao comparar a aprendizagem proporcionada por livros didáticos e por textos de divulgação científica, inferem que este último tem alcançado maior sucesso didático (NIGRO & TRIVELATO, 2010; NIGRO, 2010) e que estratégias de ensino que se utilizam de textos de divulgação científica podem se configurar como uma potencial alternativa para aqueles alunos que são resistentes ao livro didático, já que distintos tipos de texto requerem distintos tipos de leitura (ALMEIDA & SORPRESO, 2011).

Outra pesquisa problematizou as relações (in)existentes entre os documentos do Ministério da Educação e de organizações internacionais com aquilo que é veiculado nos livros didáticos que, no caso específico dessa investigação, parecem apontar em direções opostas (MARTINS & CASTRO, 2009).

Uma pesquisa feita no Canadá se preocupou também com questões de incongruência, desta vez sobre problemas de ordem psíquica entre o texto do livro didático e o que é divulgado oralmente pelos professores (BAZZUL & SYKES, 2011). Esta questão, de incongruência entre o que pensamos e o que consta nos materiais instrucionais parece existir quando os elementos em jogo não se constituem como pertencentes ao campo da cognição, mas dos sentimentos que acabam

tendo alguma função em nosso comportamento como docente. Em outros termos, enquanto o material instrucional é visto como um objeto de orientação quanto aos caminhos e ao conteúdo que deve ser trabalhado, hipotetizamos que outros elementos que o constituem, como é o caso do contexto psicológico ao qual o texto pode remeter, não são percebidos como situações inerentes à disciplina propagada. A pergunta que pontualmente nos incomoda sobre essa questão é: como fazer com que o texto seja percebido como um todo coerente, que contemple todos os aspectos nele presentes, tais como os contextos sociais e psíquicos que vão além dos conteúdos e das relações entre os conceitos permitidos pela cognição? Pois dessa forma, o livro é posto “a serviço daquilo em que acreditamos” (PIASSI *et al.*, 2009, p. 17).

Além disso, há outro problema que diz respeito ao trabalho docente e o livro didático adotado pelo professor: a percepção dos valores, da estrutura e dos caminhos que são perseguidos nos livros e se os mesmos são condizentes com os objetivos previstos nos planos de ensino que devem ser seguidos. Essa inconsistência entre os objetivos almejados pelo professor e a procura de materiais que permitem que eles sejam alcançados é um problema vivenciado pelos professores (LIMA & SILVA, 2010) e não pode ser descartado do rol de reflexões que todo docente deve fazer (GÜLLICH, 2004).

Além disso, há pesquisas que apontam que os professores têm dificuldades para usar o livro quando este tem uma proposta nova de ensino, mesmo que timidamente inserida no texto (KASSEBOEHMER & FERREIRA, 2009; GOMES *et al.*, 2009).

1.8 A FORMAÇÃO DO PROFESSOR PELO LIVRO DIDÁTICO

As pesquisas descritas nessa revisão de literatura demonstram uma série de preocupações com relação a distintos objetivos, *mas todas parecem ter a concepção de que o livro é formador potencial de conceitos, valores e visões de e sobre a ciência e nos variados níveis de ensino dos quais fazem parte*. Assim, concordamos com Piassi *et al.* (2009) que **não se trata de fazer retoques nos textos, seja corrigindo erros históricos ou conceituais, mas de elaborar uma obra didática que tenha um todo coerente, que possa integrar os conceitos a suas histórias e a seus contextos**; que possa integrar as disciplinas escolares tendo em vista a disciplina científica que deu origem a elas. Contudo, esta tarefa está longe de ser trivial, pois como argumenta Gvirtz *et al.* (2002), a organização do ensino de ciências em disciplinas foi uma forma de resolver conflitos ideológicos entre as distintas áreas.

estabelece. Faz-se necessário, portanto, vincular o sujeito/aluno no processo de ensino, considerando suas necessidades, pensamentos e a realidade em que vive.

Veremos que em Fleck também é possível perceber a dualidade sujeito/objeto na gênese do conhecimento, o que faz de ambos – Bachelard e Fleck – epistemólogos que vêem na ciência uma construção em constante dialetização entre a mente e a realidade.

Ao contrário, os fenômenos didáticos apontados nessa pesquisa não permitem o desenvolvimento de concepções dialéticas na interação entre sujeito e objeto na gênese do conhecimento, pois ora dão indícios de que o saber é produzido pela observação ou experimentação, ora pela dedução objetiva dos conceitos teóricos pelos cientistas.

Em síntese, argumentamos que a disposição estrutural e funcional do conteúdo nos manuais de Física ao mesmo tempo em que provoca a introjeção de concepções didático-pedagógicas e epistemológicas, permite sua **perpetuação** na medida em que são materiais fundamentais para o licenciando e para o professor em exercício e, portanto, são constantemente reutilizados em atividades de estudo e profissionais.

Os fenômenos didáticos são concepções incorporadas pela didática do manual, reproduzida pelos professores, e sustentadas pela mecanização de uma leitura pedagógica acrítica; essas concepções acabam sendo concebidas como elementos que instrumentalizam o ensino da disciplina, se constituindo como um *espírito didático* para o ensino de Física.

5.1.2 Noção de Estilo de Pensamento

Estilo de Pensamento (EP) pode ser definido como uma série de significações teóricas e ações práticas que modulam uma sociedade – um grupo particular –, seja esta parte de um campo científico ou de um determinado meio popular. Trata-se de um *sistema fechado de opiniões* (FLECK, 2010, p. 45), de crenças aceitas pelo grupo, ou mesmo de uma doutrina (Ibid., p. 60); no entanto, não se trata de algo estático, mas de um sistema que se transforma de forma progressiva.

Apesar disso, EPs são também sustentados por variáveis empíricas apoiadas pelo círculo esotérico, ou seja, pelo grupo de especialistas de determinado EP. O círculo esotérico é parte do que Fleck denomina como Coletivo de Pensamento (CP), que integra

A experiência, sozinha, não constrói o conhecimento; este é elaborado pela interação entre Espírito Científico e observação empírica. Sozinha a empiria feita por meio dos instrumentos de medida é “um prolongamento mais do espírito que do olho” (p. 256).

A noção de espírito científico perde seu sentido primordial quando não concebido como um conceito dialético, com o qual se contrapõe à ideia elaborada pelos caminhos percorridos do senso comum ou por sistematizações inconsistentes ou inconscientes, tais como os que formam os fenômenos didáticos.

Sendo assim, considerando a epistemologia de Bachelard, os fenômenos didáticos a que nos referimos devem ser afetivamente e racionalmente psicanalisados, permitindo superações que levem a outras compreensões sobre a Física e seu ensino. Em analogia ao espírito científico, Bachelard alerta que o reparo do espírito em direção à plena constituição científica deve favorecer uma “reforma subjetiva total” (BACHELARD, 1979a, p. 6).

Segundo Martins (2006) a epistemologia de Gaston Bachelard dá conta de responder aos problemas que apareciam cada vez mais na literatura da área quanto aos movimentos de concepções alternativas, de mudança conceitual, e dos trabalhos que se embasavam em concepções denominadas de construtivistas. Para Martins, a epistemologia bachelardiana faz referência tanto a aspectos cognitivos quanto afetivos, tanto a aspectos epistêmicos quanto ontológicos, problematiza as noções dos estudantes e ultrapassa o paradigma epistemológico aristotélico-empirista atribuído à vertente construtivista por Matthews⁸⁴ (1994 *apud* MARTINS, 2006).

Em sintonia com o autor entendemos que a epistemologia bachelardiana aponta para novo arcabouço teórico que condiz com um ensino-aprendizagem comumente conhecido como de base construtivista; essa composição teórica remete a um novo *espírito didático-pedagógico* distinto da apresentada nos manuais avaliados; portanto, nesta concepção epistemológica, a edificação desta estrutura requer uma ruptura pedagógica entre dois espíritos que compreendem o processo de ensino de maneiras distintas.

A objetivação na perspectiva da epistemologia de Bachelard aponta para uma compreensão de progresso, no qual é na interação entre sujeito e objeto que a construção do conhecimento científico se

⁸⁴ MATTHEWS, M. R. *Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemologia constructivista*. Trad. para o espanhol: Óscar Barberá & Luis Puig. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, n. 1, p. 79-88, 1994.

Os arranjos elaborados podem ser visualizados de outro ponto de vista que aqueles objetivados pelos autores das pesquisas supracitadas. Podem ser vistos por meio do questionamento sobre as consequências dos resultados que elas apontam. Dessa forma, que papel seria atribuído à didática das ciências, às teorias pedagógicas ou aos estágios de ensino quando consideramos que os livros contêm erros conceituais que colaboram com a formação de sujeitos acríticos, com a instauração de valores distorcidos com relação à atividade científica e com relação a sua função social, com uma visão histórica equivocada da ciência? Não estariam de alguma forma influenciando a formação de uma tradição do professor? Ou seja, como esses equívocos conceituais, epistemológicos, históricos e pedagógicos estariam influenciando a formação docente? De forma mais clara, nossa questão centra-se em torno da formação de uma tradição composta por todo esse arsenal problematizado pelos arranjos que pode ser capaz de produzir algum tipo de identidade docente referente a seu campo em específico.

Além disso, a disposição do conteúdo, as definições, as trajetórias didáticas adotadas pelos livros, os esquemas aos quais os autores recorrem, as questões e atividades sugeridas, não estariam formando uma concepção de funcionalidade científica, ou ao menos de uma funcionalidade didática? Essas questões não podem ser respondidas pelas pesquisas encontradas na literatura da área. Não há investigação sobre a formação de uma tradição científica, de uma tradição pedagógica ou de uma cultura do professor evidenciada pela estrutura do livro pelo qual ele foi formado. Nossa hipótese é de que há relações diretas entre o que o livro expõe, a forma como expõe, e as concepções futuras do professor.

Sendo considerados instrumentos fundamentais na formação do professor, os livros textos são objetos privilegiados para investigação sobre a tradição didática de um campo específico do conhecimento, pois contêm registros de uma intencionalidade de ensinar que devido ao habitus pode ser caracterizada como parcialmente irreflexiva e inconsciente.

Esta tese tem, portanto, a finalidade de trazer à consciência o que muitas vezes é executada de forma impensada, irreflexiva, quando se tem a intenção de ensinar Física; ou seja, é elucidar parte de uma tradição didática da Física, objetivo que pode ser cumprido tendo o livro texto como objeto de análise.

A análise por meio da TAD permite verificar como essa intencionalidade de ensinar é efetivamente cumprida pelos manuais de Física, pois apontam para uma praxeologia didática e para momentos de

estudo (ou didáticos) que, segundo a TAD, todo projeto em que o objetivo é o *ensino de* algum tema ou conteúdo devem ser contemplados em certas ocasiões oportunas do processo.

Como síntese, este capítulo teve o objetivo de expor a importância do livro texto, ou manuais didáticos, para diversos autores/pesquisadores/professores, e de distintas áreas e com distintas perspectivas e objetivos, o que nos leva à relevância de investigá-lo; o investigamos do ponto de vista de sua praxeologia, tendo em vista que não há trabalhos que o identifiquem dessa forma e que, mais do que isso, não o visualizam como uma das instâncias formadoras de *habitus didacticus*, portanto, em parte irreflexivas e inconscientes, e que acabam influenciando a formação de uma tradição didática, na forma como se deve ensinar.

o vigor e a força por todas as partes, e dispensar-lhes com tanta justiça tudo aquilo de que necessitam. (ibid., p. 33)

6º) Espírito Científico enquanto norma:

Chegamos então a nos perguntar se a psicologia do espírito científico não é pura e simplesmente uma *metodologia consciente*. A verdadeira psicologia do espírito científico estaria assim bem perto de ser uma psicologia normativa, uma pedagogia em ruptura com o conhecimento usual. De maneira mais positiva, apreender-se-á a psicologia do espírito científico na reflexão pela qual as *leis* descobertas na experiência são pensamento sob forma de *regras* aptas para descobrir fatos novos. É assim que as leis se coordenam e a dedução intervém nas ciências indutivas. À medida que os conhecimentos se acumulam, ocupam menos lugar, pois se trata verdadeiramente de conhecimento científico e não de erudição empírica, é sempre enquanto método confirmado que é pensada a experiência. (BACHELARD, 1979b, p. 158-159)

Além desses pontos, algumas observações são oportunas no sentido de que permitem uma imagem mais abrangente do significado do *espírito científico bachelardiano*:

1º) Faz parte da ciência e, portanto, do Espírito Científico, a problematização como essência da atividade científica: “O impulso do futuro de uma ciência moderna é solidário do conjunto dos problemas bem postos” (BACHELARD, sem data, p. 16).

2º) Segue o eixo do progresso:

Quem quiser fazer a psicologia do espírito científico não tem melhor meio que seguir um eixo de progresso, viver o crescimento de uma árvore do conhecimento, a própria genealogia da verdade progressiva. No eixo do progresso do conhecimento científico, a essência da verdade é solidária do seu crescimento, solidária da extensão do seu campo de provas. (BACHELARD, sem data, p.13)

3º) Espírito Científico como um *princípio fundamental da atividade científica*:

Em resumo, no ensino elementar, as experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos centros de interesse. É indispensável que o professor passe continuamente da mesa de experiências para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto. Quando voltar à experiência, estará mais preparado para distinguir os aspectos orgânicos do fenômeno. A experiência é feita para ilustrar um teorema. As reformas do ensino secundário na França, nos últimos dez anos, ao diminuir a dificuldade dos problemas de física, ao implantar, em certos casos, até um ensino de física sem problemas, feito só de perguntas orais, desconhecem o real sentido do espírito científico. Mais vale a ignorância total do que um conhecimento esvaziado de seu princípio fundamental. (ibid., p. 50)

4º) Espírito Científico como *amplificador de conceitos*:

O pensamento pré-científico não se fecha no estudo de um fenômeno bem circunscrito. *Não procura a variação, mas sim a variedade*. E essa é uma característica bem específica: a busca da variedade leva o espírito de um objeto para outro, sem método; o espírito procura apenas ampliar conceitos; a busca da variação liga-se a um fenômeno particular, tenta objetivar-lhe todas as variáveis, testar a sensibilidade das variáveis. (ibid., p. 38)

5º) Espírito Científico como *algo capaz de mudar as características dos objetos*:

Se eu não tivesse visto o que Sua Eminência fez com a França, nunca teria imaginado que houvesse em nosso corpo um espírito capaz de amolecer as coisas duras, de adoçar as amargas e de unir as dessemelhantes, capaz de fazer circular

CAPÍTULO 2

METODOLOGIA DA PESQUISA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para responder às nossas questões, nosso foco foi a análise de livros de Física de ensino superior utilizando, como aportes ao mesmo tempo teóricos e metodológicos, a *Teoria Antropológica do Didático (TAD)*, principalmente pela leitura da obra *Estudar Matemáticas: o elo perdido entre o ensino e a aprendizagem*, de Yves Chevallard, Marianna Bosh e Josep Gascón. Ou seja, a TAD se constitui como uma teoria e uma estratégia para investigação sobre as relações existentes entre as práticas e as concepções institucionais que as influenciam.

Como a TAD se trata de uma referência nessa pesquisa, não somente como metodologia de levantamento de dados, mas também para considerações teóricas, criamos um tópico especialmente para sua explanação, deixando para este, a explicação de como as fontes foram escolhidas e os dados selecionados, ou seja, a explicação dos critérios utilizados para seleção dos objetos da pesquisa.

Em um levantamento dos livros que constam nos projetos pedagógicos de vários cursos de física do país, e em alguns cursos do exterior, pudemos verificar se havia uma ou mais de uma obra que se constituísse como as referências de um saber a ensinar que deve ser encontrado nos cursos de formação de profissionais em Física, docentes e pesquisadores.

Concentramo-nos nas bibliografias de disciplinas do ciclo básico dos cursos de Física, pois nosso foco principal era a formação inicial de professores. Além disso, os manuais de Física *Básica* se constituem como o próprio termo já nos faz entender, como as referências *fundamentais* das concepções, noções e métodos de estudo do campo e onde podem ser investigadas dúvidas referentes à disciplina quando se está profissionalmente lidando com a docência, seja no ensino superior, seja nas escolas de educação fundamental e média.

O levantamento consta de 22 universidades, sendo 19 delas do Brasil e 3 do exterior. Não houve um critério específico para seleção das universidades, elas foram escolhidas em função do acesso via internet, nos sites dos próprios cursos. Analisamos 91 disciplinas que representavam o ciclo básico dos cursos de Física dentro dessas instituições.

Os dados coletados estão em anexo. Tal como os documentos analisados, classificamos os livros em bibliografia básica e bibliografia

complementar. Identificamos 65 manuais; no entanto, muitos deles não são significativos do ponto de vista da praxeologia, pois foram encontrados em poucas disciplinas. Assim, adotamos como critério, o fato de uma mesma obra ser citada em pelo menos mais de uma disciplina na bibliografia básica. Com esse critério, localizamos 8 livros textos, especificados na tabela e na figura a seguir, junto das respectivas porcentagens com que eles foram encontrados:

Tabela: Bibliografia Básica de disciplinas do ciclo básico

Autores das obras do ciclo básico	Porcentagem encontrada como bibliografia básica
Alonso	6,6
Chaves	11
Feynman	2,2
Halliday	81,3
Nussenzveig	37,4
Serway	16,5
Tipler	57,1
Young (Sears)	33

Figura 2.1 – Porcentagem de manuais encontrados como Bibliografia Básica de Disciplinas do Ciclo Básico

Ao levar em consideração a bibliografia complementar, poucas diferenças foram observadas:

como observa Bachelard (2008a), “eu o conheço porque o reconheço” (p. 85).

Assim, “para o espírito científico, todo fenômeno é um momento do pensamento teórico, um estágio do pensamento discursivo, um resultado *preparado*. É mais produzido do que induzido” (BACHELARD, 1996, p.127).

Uma síntese de alguns significados que podemos atribuir para a noção de espírito científico pode caracterizá-lo como mantenedor de percepções e ações julgadas como inerentes ao campo de formação:

1º) Espírito Científico como o que proporciona um *sentido para o problema*:

É fácil perceber que, em todas essas racionalizações imprudentes, a *resposta* é muito mais nítida do que a *pergunta*, ou melhor, a resposta é dada antes que se esclareça a pergunta. Isso talvez justifique afirmar que o sentido do problema é característico do espírito científico. (ibid., p. 55)

Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. E, digam o que disserem, na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo. É justamente esse *sentido do problema* que caracteriza o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído. (ibid., 18)

2º) Espírito Científico como *vontade de ter razão*:

É preciso examinar essas "racionalizações" prematuras que desempenham, na formação do espírito pré-científico, o papel que as sublimações da libido têm na formação artística. São a expressão de uma *vontade* de ter razão, fora de qualquer prova explícita, de escapar à discussão referindo-se a um fato que a pessoa pensa não estar interpretando mas ao qual está dando um *valor declarativo* primordial.(p. 42-43)

Para Bachelard existe, em cada um, não somente uma forma de conceber o conhecimento; este depende do conceito ao qual se faz referência. Explicando de forma mais precisa, cada indivíduo possui certas zonas de conhecimento epistemológico adquiridas no espaço cotidiano e através dos tempos. Bachelard denomina de Perfil Epistemológico a esse conjunto de filosofias que compõem pensamento, intuição e comportamento do sujeito, sendo que cada filosofia é constituída como um obstáculo ao seu sucessor, quando analisado historicamente: no livro *A Formação do Espírito Científico*, ele apresenta vários obstáculos epistemológicos encontrados em livros dos últimos séculos, e no livro *A Filosofia do Não – filosofia do novo espírito científico*, ele expõe exemplos de dois perfis epistemológicos de si mesmo: do conceito de massa e do conceito de energia, argumentando sobre as razões que o levaram a ter esses perfis.

Em analogia, os *fenômenos didáticos* levantados podem ser utilizados para elaborar perfis didático-epistemológicos com relação a concepções sobre o ensino de Física, tendo em vista que muitos podem ser historicamente encontrados nas pesquisas em educação científica: a ideia de que todo cientista é um gênio; de uma física pragmatista; de física como obra acabada e não como processo, por exemplo.

Muito embora haja, segundo a epistemologia bachelardiana, perfis epistemológicos sustentando de alguma forma a estrutura cognitivo/afetiva dos sujeitos, é preciso sempre estar buscando romper com noções mais antigas do desenvolvimento histórico de um conceito, pois são constituintes de um espírito de ensinar Física. Nesse sentido, se faz necessário o rompimento com este espírito, com os fenômenos didáticos que o caracterizam, uma vez que estes são obstáculos para que mudanças efetivas aconteçam.

A epistemologia bachelardiana considera que o conhecimento objetivo está sempre inacabado (entrando em dissonância com o *fenômeno didático* “Física é obra acabada”), o que requer da interação entre espírito e as coisas do mundo – os objetos –, no campo didático-pedagógico, uma relação ininterruptamente dinâmica, em suas palavras, “sujeito ao fluxo e refluxo do empirismo e do racionalismo”, do “dinamismo psicológico” (ibid., p. 302). Por meio dessa relação ele funda o princípio pedagógico fundamental – “quem é ensinado deve ensinar” –, para que o espírito docente em formação seja concluído, ele deve passar pelo processo de reflexão de sua própria prática de ensino.

Afinal, um hábito adquirido dentro de um espírito pode levar a percepção de que o verdadeiro saber vem de suas prévias formulações,

Tabela: Bibliografia de disciplinas do ciclo básico

Autores das obras do ciclo básico	Porcentagem encontrada como bibliografia básica	Porcentagem encontrada como bibliografia complementar	Soma das Porcentagens (básica mais complementar)
Alonso	6,6%	19,8	26,4
Chaves	11%	16,5	27,5
Feynman	2,2	17,6	19,8
Halliday	81,3	15,4	96,7
Nussenzveig	37,4	21	58,2
Serway	16,5	16,5	33
Tipler	57,1	16,5	73,6
Young (Sears)	33	26,4	59

Figura 2.2 – Porcentagem de manuais encontrados em projetos pedagógicos

Figura – Gráfico: Bibliografia Básica mais Complementar de disciplinas do ciclo básico

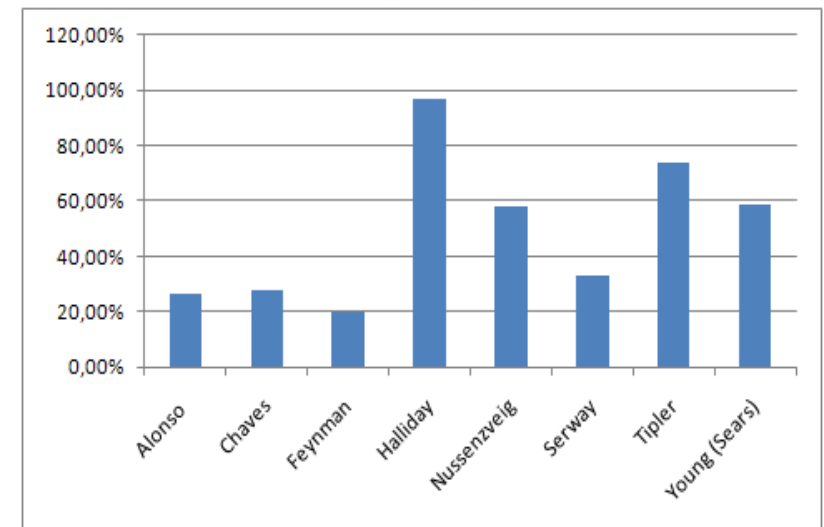


Figura 2.3 – Gráfico referente à porcentagem de manuais de Disciplinas do

Ciclo Básico encontrados nos projetos pedagógicos

As fontes de dados selecionadas para análise deveriam representar o ensino de Física por meio do livro e, além disso, estariam reproduzindo a tradição da Física de forma ampla, como uma instituição internacional. Acreditamos que 4 obras são suficientes para análise, desde que as análises demonstrem que elas sejam similares. Assim, como o livro de Nussenzweig existe somente na língua portuguesa, e talvez somente no Brasil, as obras selecionadas foram dos autores Halliday, Tipler, Young (Sears) e Serway.

Foram analisados dois capítulos sobre os mesmos temas nos 4 manuais selecionados: cinemática unidimensional e bidimensional (ou tridimensional). Como as análises apontavam para os mesmos resultados em sequência prosseguimos com o estudo de apenas um dos livros, o mais “utilizado”, que é citado em 81,3% na bibliografia básica e em 96,7% na bibliografia de forma geral (básica mais complementar): o livro de Halliday (livro A).

Foram analisados 14 capítulos do livro *Fundamentals of Physics*, 9ª edição, 2011, na última versão original (em inglês), e o livro da 8ª edição traduzida para o Brasil, 2009. Percebemos que não havia diferença qualitativa entre eles. Da versão brasileira da obra, os capítulos analisados estão distribuídos da seguinte forma: 7 capítulos de Física 1, 3 capítulos de Física 2, 2 capítulos de Física 3 e 2 capítulos de Física 4.

Procuramos contemplar a totalidade de conteúdos a fim de avaliar a didática inerente à tradição da Física. Contudo, não nos parece necessário que a análise considere todos os capítulos, mas que permeie pelo menos um dos distintos temas, tais como mecânica, termologia, eletricidade e magnetismo, gravitação, física quântica e relatividade.

Além disso, os capítulos que tratavam do estudo da matemática com poucas referências à Física não foram selecionados para análise, pois estes se constituem mais como auxiliares ao estudo da Física do que reproduções do que de fato representa o campo. Além disso, há certas especificidades da Física que não podem ser encontradas na análise de conteúdos que objetivam ensinar objetos matemáticos, como parece ser o caso do ensino de medidas e vetores. A limitação *estrutural* parece acontecer principalmente quando se adentra no nível das *tecnologias* e *teorias*, no sentido da TAD, pois elas estão fundamentadas no campo das Matemáticas, e não da Física.

Dentre esses capítulos constam os capítulos 1 e 3 de Física 1 (livro A).

Tendo em vista essas considerações, os capítulos selecionados

O estado concreto-abstrato, em que o espírito acrescenta à experiência física esquemas geométricos e se apóia numa filosofia da simplicidade. O espírito ainda está numa situação paradoxal: sente-se tanto mais seguro de sua abstração, quanto mais claramente essa abstração for representada por uma intuição sensível.

O estado abstrato, em que o espírito adota informações voluntariamente subtraídas à intuição do espaço real, voluntariamente desligadas da experiência imediata e até em polêmica declarada com a realidade primeira, sempre impura, sempre informe. (p. 7-8)

Bachelard discorre sobre a dificuldade de, fora do espírito científico, elaborar uma questão científica relevante; para este epistemólogo, só há ciência quando há um problema a ser resolvido, e esta é feita por bons questionamentos; em contraposição, “o espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular com clareza” (p.11-12).

Dessa forma, ao incorporar o espírito caracterizado pelo fenômeno didático da matematização, os professores adquirem a tendência de reconhecer uma discussão fenomenológica qualitativa como atividade empobrecida por conter “menos Física”. Esta noção é proporcionada pela didática da Física dos manuais.

As questões e noções que estão fora do espírito incorporado não se constituem como problemas reais para professores que detêm esta caracterização do ensino de Física.

Forma-se, portanto, todo um espírito sobre ensinar Física. Este é mantido e disseminado pelos manuais e pelo ensino nas escolas e universidades. Não obstante, o fortalecimento destas ações pelos professores é muitas vezes resultado de uma formação didática acrítica, não consciente, cujo repensar o processo de ensino não se constitui como um hábito. Os hábitos referentes ao ensino de Física deveriam envolver a reflexão crítica e ação desde a formação inicial docente capaz de permitir sua inserção no espírito que assinala o ensino da disciplina.

Mas que espírito é incorporado pelo estudo dos livros textos de Física? Até que ponto podemos falar de mudanças conceituais e práticas com relação aos *fenômenos didáticos* assimilados?

objetivo dos professores de Física, mesmo que muitas vezes os fenômenos físicos não sejam compreendidos⁸³.

A matematização configura-se neste sentido como aspecto fundamental do *espírito didático-científico* atual, e sua forte incorporação acrítica no ensino de Física pode provocar certo afastamento dos fenômenos naturais que ele pretende explicar. No entanto, sendo os livros textos referências na formação do professor de Física, esta caracterização disciplinar acaba por se constituir como um espírito a ser incorporado pelos indivíduos desta área acadêmica.

Nesse sentido, o uso da contextualização histórica no ensino de Física é, portanto, um empreendimento que deve ser analisado a fim de desestabilizar os fenômenos didáticos até então cultivados.

Sem a externalização do processo histórico e dos fenômenos sociais que as caracterizam, a didática da Física limita-se à percepção analítica da evolução conceitual, distorcendo-a. Ao contrário, a evolução em direção à abstração não acontece de forma linear, pois há muitos percalços no caminho de elaboração do conhecimento, sendo que o saber deve ser sempre reconstruído: “E, para mostrar que o processo de abstração não é uniforme, chegaremos até a usar um tom polêmico ao insistir sobre o caráter de *obstáculo* que tem toda experiência que se pretende concreta e real, natural e imediata” (BACHELARD, 1996, p. 5).

O caminho desde a imagem (concreta), até a abstração, é a trajetória natural, para Bachelard, do caminho psicológico do pensamento científico. Assim, a fenomenologia primeira com suas primeiras imagens, seria substituída pelos esforços para abstração; contudo, esta substituição ou negação é feita de forma vagarosa e complicada, porque foi apropriada com enorme esforço de racionalização fenomenológica.

De forma mais específica o espírito científico seria formado ao passar por três estados:

O *estado concreto*, em que o espírito se entretém com as primeiras imagens do fenômeno e se apóia numa literatura filosófica que exalta a Natureza, louvando curiosamente ao mesmo tempo a unidade do mundo e sua rica diversidade.

⁸³ A pesquisa de Gomes e Torres (1999), por exemplo, aponta que maioria dos alunos de Ensino Médio por eles analisada não gosta de Física porque não consegue compreendê-la e porque “tem fórmulas demais” (p. 4)

(livro A – Halliday) foram os capítulos 2, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 (todos referentes à Mecânica), 13 (gravitação), 16 (ondas), 18 (termologia), 22 (campo elétrico), 28 (campo magnético), 37 (relatividade) e 38 (fótons e ondas de matéria). Estes foram analisados pelo viés *estrutural*, ou seja, pela disposição dos elementos em jogo: tipos de tarefas, técnicas, tecnologias e teorias.

As análises seguiram a praxeologia inerente à Teoria Antropológica do Didático (TAD). Muito embora esta seja explanada no tópico seguinte, discorreremos sobre algumas de suas características a fim de justificá-la como metodologia para levantamento dos dados e também como referência para as análises.

Segundo a TAD, as instituições reproduzem e são reproduzidas ao dar continuidade a certas praxeologias caracterizadas pelo desenvolvimento de técnicas, tecnologias e teorias, a fim de resolver certos tipos de tarefas, próprios da tradição.

Para a TAD, o termo *instituição* se refere a grupos sociais que possuem os mesmos hábitos, “que compartilham da mesma rotina, ou seja, comungam das mesmas organizações praxeológicas” (ZANARDI, KNEUBIL, PEREIRA, 2013, p. 605). Para a TAD, uma única pessoa já é representativa de uma instituição, desde que seja uma reprodutora dos hábitos e pensamentos institucionalizados. Com relação a esse aspecto, Zanardi, Kneubil e Pereira (2013) afirmam: “a definição de *instituição*, segundo Chevallard, está relacionada com a atividade que uma pessoa irá realizar, ou seja, ao conjunto de tarefas e técnicas que ela desenvolve e não à pessoa em si” (p. 606).

A TAD nos instrumentaliza na análise da manifestação dos elementos que fazem parte das instituições, auxiliando-nos na elucidação da tradição que está materializada nos manuais, como uma manifestação institucional.

Procuramos verificar os tipos de tarefas encontrados nos livros textos de Física, as técnicas utilizadas para lidar com elas, e as respectivas tecnologias e teorias envolvidas, a fim de verificar como as tarefas são introduzidas e como as soluções são delineadas; em outros termos, como as técnicas são apresentadas e justificadas. Assim, procuramos analisar a “instituição ensino de física” veiculada nos livros, um *saber como problemática de ensino*, ao qual nos referimos anteriormente – manipulação do saber com o objetivo de ensiná-lo. Essa estrutura didática da Física aponta para o caminho de uma “academização” do saber a ensinar, caminho que pode estar sugerindo fortemente sua reprodução em posteriores projetos de ensino de Física.

Sendo assim, técnicas institucionalizadas e usadas para resolver

determinados tipos de tarefas em Física, são congruentes com as tecnologias expostas nos manuais, sendo parte de sua estrutura praxeológica.

Uma vez que os livros tenham sido caracterizados pela similaridade de uma estrutura praxeológica, elegemos um dos capítulos como um modelo didático representativo dos manuais para fazer a contraposição com os dois principais exemplares adotados nesta investigação, que consideramos mais adequados para ensino aprendizagem dos saberes a serem ensinados, inclusive em se tratando de concepções epistemológicas inerentes ao saber físico. O capítulo 2 do livro A foi selecionado para ser o modelo didático representativo dos manuais para análise comparativa porque foi o primeiro texto analisado, não havendo outro critério para esta escolha, afinal todos são similares do ponto de vista praxeológico (estrutural), e devem apontar para os mesmos resultados.

Os dois principais exemplares são: a obra *Understanding Physics* (CASSIDY, HOLTON, RUTHERFORD, 2002) e o livro *Lições de Física*, v. 1 (FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS, 2008), tradução de *Lectures on Physics*, v. 1. Além disso, outras referências complementares foram utilizadas nas análises dos dados, a saber, a noção de habitus da teoria sociológica de Pierre Bourdieu e as noções das epistemologias de Ludwik Fleck e de Gaston Bachelard.

Os dois exemplares adotados têm contribuições diferenciadas para a análise dos dados. Enquanto o *Understanding Physics* procura contextualizar historicamente as elaborações científicas ao longo da evolução do conhecimento da Física, demonstrando como as noções e os conceitos foram construídos, a obra *Lectures on Physics* procura dar coerência lógica ao corpo científico atual da Física, sem que seja necessário recorrer, mesmo que o faça algumas vezes, à história e ao contexto de sua descoberta.

No entanto, ambas possuem em comum a característica de tornar inteligível o conhecimento em Física por meio da inserção de elementos racionais para que o aluno o considere plausível. Apesar disso, estas obras não foram aceitas pela tradição do ensino de Física como exemplares de referência, e sua citação nas bibliografias das disciplinas, não significa que são adotadas nas disciplinas básicas dos cursos de Física. Um ponto importante dessa análise é que não basta ter uma técnica para resolver um problema, ela precisa ser avaliada tendo em vista sua institucionalização. Pela distância didática entre os exemplares e o saber a ensinar dos manuais, este não foi aceito pela tradição Ensino de Física.

Esse surracionalismo, instalado a partir da física quântica, determinaria um novo espírito científico, fazendo pensar a ciência e a natureza dela advinda com novos instrumentos, produzindo fenômenos: “É a metatécnica de uma natureza artificial. A ciência atômica contemporânea é mais que uma descrição de fenômenos: é uma produção de fenômenos. A Física matemática é mais que um pensamento abstrato: é um pensamento naturado” (BACHELARD, 2008b⁸¹, p. 22).

Em outros termos, a física matemática é instrumento abstrato intrínseco ao novo espírito científico. Porém ela é produto de um *processo evolutivo não referenciado pelos livros textos*.

Os manuais analisados, ao apresentarem a Física por meio de um quadro expositivo eminentemente matematizado, contribuem para percepção de que o produto final do processo histórico é que deve ser ensinado; colaboram, portanto, com a instalação do fenômeno didático “se não há equações não há física”.

Além disso, sendo os manuais elementos essenciais na formação do professor de Física e no trabalho diário, esta percepção também contribui para perpetuação deste fenômeno didático.

Por meio da forte matematização do livro texto, o professor de Física tem ao seu alcance um elemento teórico-metodológico tão fundamental para compreensão de fenômenos naturais que pode fazer com que ele radicalmente incorpore a ideia de que sem ela a interpretação além de limitada é distorcida ou mesmo completamente errônea. Essa objetivação dos fenômenos perpetua a prática de ensino de Física que atribui à matemática e, portanto, às equações, o principal elemento que deve ser incorporado pelo aluno e, portanto, o que deve ser avaliado pelo professor, deixando a fenomenologia em segundo plano⁸². Assim, a aprendizagem dos cálculos torna-se o principal

⁸¹ BACHELARD, Gaston. Número e Microfísica. In: BACHELARD, G. Estudos. p.11-22. Rio de Janeiro: Contraponto, 2008, 1ª Ed. 86p. Publicado originalmente em *Recherches philosophiques*, I, 1931-1932, p. 55-65.

⁸² Em contraponto, para Bachelard, as elaborações teóricas, tal como as equações, devem ser sempre analisadas criticamente de acordo com os fenômenos naturais “observados”, ou seja, as elaborações dos sujeitos devem ser sempre vistos por meio dos objetos aos quais elas fazem referência, dialetizando o processo de construção do conhecimento.

ela [a noção] intitula o conteúdo dos livros: A Formação do Espírito Científico, O Novo Espírito Científico, A filosofia do Não: filosofia do novo espírito científico.

Por outro lado, a noção de Estilo de Pensamento (EP) é de fundamental importância para compreensão da obra fleckiana, pois se constitui como um esqueleto de seu pensamento epistemológico.

Trataremos dos significados dessas noções neste tópico, fazendo notar que as duas podem ser tomadas para inferir que os *fenômenos didáticos* levantados nessa pesquisa podem se impregnar na tradição do professor de Física, seja de forma transparente, seja de forma oculta.

Argumentamos que as noções supracitadas, inerentes às epistemologias de Bachelard e de Fleck explicam satisfatoriamente a manutenção de um grupo de indivíduos em torno de preceitos e noções em comum, e a formação profissional em grupos especializados que provocam verdadeiras ilusões psíquicas, hábitos racionais e práticos, além de perspectivas intelectuais.

5.1.1 Epistemologia de Bachelard e a noção de Espírito Científico (EC)

Espírito Científico é todo um conjunto de métodos, conceitos, axiomatizações, noções, hábitos intelectuais e comportamentais, sentimentos⁸⁰ (que atribuem sentidos aos problemas, sentidos às ações, subjetividades individuais e coletivas), que engloba um campo científico. E todo esse aparato, prático, conceitual, social e subjetivo, longe de ser estático, apresenta-se com uma dinamicidade, que vai do concreto ao abstrato.

Os modelos científicos, para Bachelard, devem explicar os fenômenos de forma cada vez mais abstrata, como de fato ocorreu na área da física no início do século XX, após a publicação dos trabalhos de Einstein, em 1905.

Não somente os conceitos da física eram assim modificados, com as noções que as publicações de Einstein introduziram, principalmente com os futuros desenvolvimentos que levaram à teoria quântica, mas também a própria maneira de se pensar a ciência; além de um racionalismo ou de um empirismo, para Bachelard instaura-se um ultraracionalismo, além da fenomenologia instaura-se uma fenomenotécnica.

⁸⁰ “A letra não comanda o espírito. É preciso a adesão do coração, não a dos lábios” (BACHELARD, 1996, p. 56).

Também será feita contraposição da didática do manual com saberes de referência adotados nesta pesquisa: os três momentos pedagógicos (3MP) e os conceitos unificadores (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011). Ambos podem ser caracterizados como uma metodologia de ensino para ocorrência de aprendizagem de conteúdos que se tornam significativos para a vida do estudante. Portanto, são complementares à proposta da praxeologia chevallardiana, onde o objetivo é a incorporação de preceitos e ações de uma tradição, sem que esta seja necessariamente significativa para o aprendiz.

Portanto, os exemplares e os saberes de referência serão contrapostos com a didática adotada pelos manuais, fazendo com que esta seja analisada criticamente. As referências complementares permitirão uma análise mais ampla do processo didático levantado, e a função dessa análise é a releitura do método de ensino na ótica dos pressupostos encontrados por meio de outras expectativas teóricas.

Assim, as noções de *habitus*, de *espírito científico* e de *estilo de pensamento*, de Bordieu, Bachelard e Fleck, respectivamente, podem ser mencionadas como pensamentos e ações que estão legitimadas em determinados coletivos de indivíduos sendo, portanto, úteis para avaliar a **permanência de concepções** formadas pelo estudo dos manuais.

2.1 TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO (TAD): APROFUNDAMENTOS TEÓRICOS

Segundo Chevallard, Bosh e Gascón (2001), “o didático é tudo aquilo que se refere ao estudo. Falaremos de processos didáticos toda vez que alguém se veja levado a estudar algo (...) sozinho ou com a ajuda de outra(s) pessoa(s). A aprendizagem é o efeito buscado pelo estudo” (p. 58).

A didática é definida por Chevallard, Bosch e Gascón (2001) como “a ciência do estudo e da ajuda para o estudo” e “seu objetivo é chegar a descrever e caracterizar os processos de estudo – ou processos didáticos – para propor explicações e respostas sólidas para as dificuldades com as quais se deparam todos aqueles (...) que se vêm levados a estudar (...) ou a ajudar outros a estudar” (p. 59).

O manual de física será aqui definido como uma instituição regional, dentro da instituição mais global que são os cursos de física, e é considerado como um definidor do que a instituição entende como o *saber a ser ensinado* (CHEVALLARD, 2009).

O manual ou livro texto é uma amostra de uma tradição e um objeto didático (desta tradição); tendo o livro como objeto didático, tanto professores quanto alunos (licenciandos) iniciam seus planos de ensino e justificam conteúdos, métodos e objetivos. Os professores seguem os desenhos encontrados em seus livros preferidos, pelos quais foram formados e com os quais realizam suas aulas.

Portanto, é a partir da análise do livro que esperamos caracterizar a tradição didática da Física, ao clarificar um modelo didático presente nesse instrumento, mas que não é explícito para o leitor. A didática presente nos manuais de Física parece ditar uma forma de focalizar a disciplina, um esquema que já nos primeiros livros – os de Física Básica – parece mostrar como a Física deve ser estudada.

Assim, segundo a TAD a instituição define o que se espera de um professor e de um aluno, ou seja, ela tem uma intencionalidade, um ângulo com que os objetos são mirados e atividades são realizadas através de justificativas internas. A análise da disposição do conteúdo pode proporcionar a compreensão do que se está ensinando de fato. É por meio do que a TAD denomina como praxeologia que a didática da física nos livros pode ser levantada.¹³

Em síntese buscaremos fazer uma análise praxeológica dos livros textos básicos de física de cursos universitários a fim de levantar características didáticas tendo-as como reproduções de intenções institucionais. Além disso, também faremos uma análise de algumas inferências sobre a formação didático-pedagógica que os dados podem estar apontando, ou seja, a didática tradicional levantada auxilia a construção de que formação pedagógica?

Os livros textos são, no processo de formação profissional e no trabalho cotidiano docente, instrumentos fundamentais que desde o início de todo o desenvolvimento do professor e por todos os anos de atividade em sala de aula – e muitas vezes também fora dela – apresentam aquilo que deve ser visto como relevante à área, como os problemas e as formas de resolvê. É preciso observar que a importância atribuída ao livro mais do que uma percepção individual nossa, faz parte da tradição acadêmica, e não somente da Física, é coletivamente sustentada se não por todos, pela maioria dos campos disciplinares universitários. E, portanto, ele (o livro) é objeto essencial de investigação quando objetivamos estudar a tradição de um campo específico.

¹³ A praxeologia será apresentada no capítulo 3, quando fizermos referência à metodologia da pesquisa.

tal forma que não encorajam iniciativas dessa ordem, podendo ser interpretados como verdadeiros entraves à inovação, que estariam favorecendo a manutenção da tradição. Em outros termos, os tradicionais cursos científicos estariam sendo influenciados por um conservador círculo vicioso, onde cada membro, tendo incorporado os hábitos da área, teria como função zelar pelos “*bons costumes*”, no sentido bourdieuano.

Sustentamos que muitos desses costumes estão ocultos na formação do professor de Física e podem estar ligados aos fenômenos didáticos proporcionados pelos manuais de ensino. A reprodução dessa tradição pode ter início nos anos escolares do ensino básico, onde o ex-professor, tendo sido formado nas perspectivas ocultas de certos fenômenos didáticos, proporcionados pelos livros e não problematizados, tem como prática a reprodução dos hábitos adquiridos. Dessa forma, os fenômenos didáticos, ao formarem uma didática tradicional da Física passam a modelizar estratégias de ensino, permitindo que o aluno ao mesmo tempo em que adquire uma série de concepções sobre esse processo é por ele impulsionado.

Como consequência, uma série de pressupostos de âmbito didático e epistemológico é desenvolvida pelos aprendizes, percepções que são encontradas em muitas pesquisas da área de educação científica e que há alguns anos têm sido amplamente divulgadas dentro do campo.

Essas concepções parecem ser mantidas por elementos sociais e psico-sociais coletivos congruentes com as encontradas na epistemologia de Fleck e Bachelard, respectivamente.

Enquanto Gaston Bachelard desenvolve a noção de Espírito, que pode ser Científico ou não, Ludwik Fleck argumenta pela formação de um estilo de pensamento entre indivíduos que pertencem a uma mesma esfera social.

5.1 ESPÍRITO CIENTÍFICO E ESTILO DE PENSAMENTO

Neste tópico, as noções de Espírito [Científico] e de Estilo de Pensamento serão empregadas como norteadoras e *mantenedoras de pensamentos e ações* determinados pelos campos específicos do conhecimento. Não obstante, não temos a intenção de explicar as epistemologias de Bachelard e Fleck de forma ampla, mas apenas de fazer referência às noções de *espírito bachelardiano* e de *estilo de pensamento fleckiano*.

Em várias de suas obras epistemológicas, Bachelard faz referência à noção de Espírito Científico (EC). Em algumas, inclusive,

sem essa mudança de concepção-superando o empirismo e o apriorismo-certamente não haverá mudança profunda na teoria e na prática de sala de aula. A superação do apriorismo e, sobretudo, do empirismo é condição necessária, embora não suficiente, de avanços apreciáveis e duradouros na prática docente. (BECKER, 2009, p. 06)

Mudanças nos trabalhos dos professores com respeito ao ensino aprendizagem são complexas e difíceis de serem concretizadas porque há a necessidade de se levar em consideração que suas concepções foram fortemente formadas nos bancos universitários, no ensino das disciplinas científicas que de forma indireta traziam as formas de como as mesmas deviam ser ensinadas (CAMPANARIO & MOYA, 1999; CAMPANARIO, 2003).

Com relação aos estudantes, que incluem os futuros cientistas e professores, mesmo que as pesquisas apontem distintos enfoques e problematizem questões as mais diversas, há um consenso de que eles são constituídos por *concepções sobre a natureza da ciência* “geralmente inadequadas” (HARRES, 1999) e estas podem se organizar como “verdadeiros obstáculos para inovações” (RICARDO, 2010, p. 621).

Para Lederman (1992) existe uma relação entre a falta de mudança nas concepções e os currículos que estruturam os cursos de ciências: “Tendo sido constatado que estudantes, mesmo após o ensino, ainda apresentam concepções inadequadas, considerou-se plausível atribuir a não modificação desta situação à ineficiência dos currículos de ciências” (HARRES, 1999, p.198).

Por outro lado, também se faz necessário o estudo de aspectos epistemológicos intrínsecos nos próprios documentos que de alguma forma sugerem ou ditam as regras que devem ser seguidas ou pelo menos se portam aos bons hábitos de sala de aula. Se referenciando nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, PCNEM, 1999), Ferraz *et al.* (2010) identificam que neste texto há uma forte tendência à vertente epistemológica empirista, embora tenham encontrado em menor grau a concepção racionalista.

Assim, enquanto Snow chama a atenção para reflexão sobre as duas culturas – dos literatos e dos cientistas – e argumenta a favor da plena comunicação entre elas para enriquecimento do saber, os aspectos epistemológicos presentes nas concepções docentes se estabelecem de

A *Teoria Antropológica do Didático (TAD)* foi desenvolvida por Yves Chevallard, na década de 90 do século passado. É uma teoria que aprecia a matemática como sendo um empreendimento social, legitimado por instituições sociais próprias. Segundo Bosch e Gascón (2006), a TAD é baseada na asserção de que a atividade matemática é uma atividade humana ordinária, tal como outras formas de atividades e, portanto, é feita a proposta de um modelo geral de atividade humana, uma *praxeologia*, que relaciona teoria e prática e concebe a mesma importância para ambas (p. 59).

A *praxeologia*, portanto, é um postulado antropológico geral, segundo o qual todas as atividades humanas podem ser descritas em termos de *praxeologias* (ARTIGUE, BOSCH, GASCÓN, sem data), noção que remete a um modelo elaborado institucionalmente e que caracteriza fortemente uma área.

A *praxeologia* é definida como o estudo das condutas ou ações e dos pensamentos humanos; ela inclui não somente o que as pessoas fazem e como fazem, mas também o que pensam e como pensam, e nesse sentido, uma didática específica deveria englobar a *praxeologia* específica, que seria uma descrição e uma análise do que fazemos e pensamos (CHEVALLARD, 2005). Assim, o termo *praxeologia* remete a uma unidade básica para analisar a ação humana em geral (*ibid.*, p. 23). E nesse sentido, a *praxeologia* nos auxilia na elucidação da tradição de ensinar a Física, sendo esta uma ação humana institucionalizada e em parte registrada nos manuais.

Por *praxeologia* compreende-se que as atividades humanas realizadas de forma regular podem ser descritas de acordo com um *modelo único*, que visualiza certas tarefas por meio da noção de *tipos de tarefas* (CHEVALLARD, 1999). Dentro dessa forma de considerar a atividade, a tarefa (t) é sempre interpretada através da ligação com o tipo específico de tarefa, que por sua vez, possui, de forma menos específica, um gênero (de tarefas). Por exemplo, a ação dada pelo verbo *subir*, trata-se de um *gênero de tarefa*, que pede um complemento, enquanto a ação *subir a escada* é um *tipo de tarefa (T)* já determinado, não necessitando de complemento (*Ibid*, 1999).

Assim, dado um tipo de tarefa T, necessitamos, para resolvê-lo, de uma técnica (ô), formando um bloco prático-técnico [T/ô], denominado por *saber-fazer*. Com relação a esse bloco, Chevallard chama a atenção para um aspecto que diz respeito à técnica ou “maneira de fazer” a tarefa: seu alcance está limitado a uma parte P das tarefas de tipo T; em consequência, uma técnica \hat{o}_1 pode ser melhor que outra \hat{o}_2 em uma parte ou em várias partes das tarefas, mas pode ser inferior em

outra(s) parte(s).

As técnicas, entretanto, em uma instituição (I) não se constituem de forma isolada, no sentido de que elas não existem sem uma fundamentação, sem um discurso racional, sem um logos. De forma oportuna citamos uma das personagens – a professora – do livro de Chevallard, Bosch e Gascón (2001) que diz respeito à TAD:

Na atividade matemática, como em qualquer outra atividade, existem duas partes, que não podem viver uma sem a outra. De um lado estão as tarefas e as técnicas e, de outro, as tecnologias e as teorias. A primeira parte é o que podemos chamar de “prática” ou, em grego, *práxis*. A segunda é composta de elementos que permitem justificar e entender o que é feito, é o âmbito do discurso fundamentado (...) sobre a prática, que os gregos chamaram de *logos*. (...) Quando juntamos as palavras gregas *práxis* e *logos*, dá a palavra *praxeologia*. (p. 251)

O discurso racional está intimamente interligado com a técnica desenvolvida e, portanto, está imerso no espaço de uma dada instituição. Assim, Chevallard afirma: “... uma racionalidade institucionalmente dada poderá aparecer... como pouco racional em outra instituição” (1999, p. 4).

O livro de Chevallard, Bosch e Gascón cita, além das tecnologias, as teorias como suportes para as tarefas e técnicas. Portanto, além da tecnologia, que justifica a técnica empregada, de forma mais profunda e, como afirma Chevallard, mais ou menos explícita, há um nível superior de justificativa, o da teoria (□). A descrição, dessa forma, fica representada pelos três níveis: técnica/tecnologia/teoria.

Na praxeologia chevallardiana, a teoria inclui “o conjunto de noções e relações que são utilizadas para apreender os fenômenos (descrevê-los, formular questões sobre eles etc.) para desenvolvê-los e para identificar novas regularidades” (ARTIGUE, BOSCH, GASCÓN, sem data, p. 5).

A praxeologia está organizada com um bloco prático-técnico [T/ô] e outro bloco tecnológico-teórico [□/□]. Chevallard relaciona o primeiro com o *saber-fazer* e o segundo com o *saber*, muito embora esta identificação não seja rigorosa, podendo ser considerado *saber* a praxeologia completa [T/ô/□/□] ou até mesmo parte dela (CHEVALLARD, 1999, p. 6).

de ensino (e de fato encontramos na literatura muitas pesquisas que apontam para isso).⁷⁹

Segundo Pietrocola (2002), “historiadores e epistemólogos mostraram a dificuldade que foi aceitar o papel da Matemática como mediador de nosso pensamento na apreensão dos fenômenos, constituindo-se em um *obstáculo epistemológico* a ser ultrapassado no desenvolvimento das ciências experimentais” (p. 104). No entanto, ele afirma que “os cientistas modernos incorporaram essa prática como um valor de base nos padrões que guiam a pesquisa. Desde então, gerações de cientistas, físicos em particular, têm se submetido a um processo de formação que inclui a modelização matemática cuja consciência, muitas vezes, só ocorre quando se iniciam nas pesquisas” (ibid., p. 105). Dessa forma, a matemática passa a ser posta como saber estruturante do conhecimento físico. Contudo, “ao concebermos a apreensão do real como fruto de um processo de interação dialética entre abstrato e concreto, entre teórico e empírico, não há como evitar o tratamento da Matemática como elemento que participa, com sua especificidade própria, do contexto da construção do conhecimento”, o que pode ser assimilado com a compreensão de que um saber que não foi “matematizado” (ibid., p. 105) ainda está em um processo de construção que ainda pretende se legitimar.

Vale lembrar que as ciências humanas, tais como “a história, a antropologia, a sociologia, a psicologia, a psicanálise”, assim como as ciências da educação “sempre tiveram dificuldade em justificar seu *status* científico perante as ‘ciências duras’ como a Física” (PIETROCOLA, 1999, p. 217), podendo estar indicando que as ciências da natureza e as ciências humanas são embasadas em critérios incongruentes.

Muito embora haja necessidade de clarificar a existência de concepções epistemológicas que se relacionam a noções e atividades pelos professores desenvolvidas, essa elucidação por si só não garante que as práticas pedagógicas sejam modificadas. Entretanto, esse trabalho de conscientização talvez seja o primeiro passo tendo em vista uma mudança na didática das ciências:

A partir disso, posso afirmar que uma simples mudança de concepção epistemológica não garante, necessariamente, uma mudança de concepção pedagógica ou de prática escolar, mas

⁷⁹ As pesquisas de Becher (2001, p. 164), por exemplo, apontam que o prestígio de uma atividade está diretamente ligado ao quantificável.

buscar compreender as maneiras como o indivíduo lida com sua prática em ciência. Assim, a psicologia, o comportamento e as decisões pessoais dos cientistas não seriam exatamente questões marginais. (...). Interessaria ao filósofo da ciência saber tanto os procedimentos como foi desenvolvida uma teoria, quanto *quem* a concebeu, já que o exame da personalidade científica do descobridor permite a avaliação de sua adequação a um *ethos*. Para esses casos, os exames históricos são relevantes. Podemos dizer que uma reconstrução racional das ideias e das teorias científicas deveria trazer consigo uma “reconstrução” dos compromissos intelectuais e morais, das dificuldades, das escolhas, dos erros e acertos dos descobridores. Logo, se o conhecimento científico é fruto tanto do intelecto quanto da ação, nenhum aspecto desses âmbitos pode ser excluído de uma pesquisa cujo objetivo é compreender e oferecer uma definição sobre o que é a ciência. (MIGUEL, VIDEIRA, 2011, p. 45)

Apontando para os problemas conceituais aos quais o epistemólogo Larry Laudan se referia, outros pesquisadores notam a presença no fazer científico de “dificuldades relativas à visão de mundo: quando uma teoria científica está em conflito com algum componente da visão de mundo dominante. Na maior parte dos casos, como resultado das tensões entre a ciência, por um lado, e a teologia, a filosofia e a sociologia, por outro” (OSTERMANN, CAVALCANTI, RICCI, PRADO, 2008, p. 374).

Os autores afirmam que “toda tradição de pesquisa evidencia determinados compromissos metafísicos e metodológicos que, como conjunto, individualizam a tradição de pesquisa e a distinguem das outras” (ibid., p. 375).

Considerando o *fenômeno didático* que aponta para a *matematização* como elemento legitimador do saber no campo da Física, sua incorporação pode levar a reações de estranheza quando nas didáticas, por exemplo, se procura por discussões qualitativas nas quais não estão presentes equacionamentos lógico-matemáticos que sintetizem ou que caracterizem o estudo; assim, esse fenômeno pode levar a ver nas didáticas uma série de elementos irrelevantes para o estudo do processo

Segundo Bosch, Chevallard e Gascón (2005), o bloco prático ou o saber fazer (práxis) corresponde aos tipos de tarefas e às técnicas para resolvê-los, e o bloco teórico ou conhecimento (logos) integram a tecnologia e o discurso teórico usados para descrevê-los e explicá-los (p. 1258).

Assim, Chevallard divide praxeologia em duas partes: *práxis*, que se refere à parte prática e logos, palavra grega que se refere ao pensamento e raciocínio humanos (CHEVALLARD, 2005, p. 23). O autor argumenta que nenhuma ação humana pode existir, sem que ao menos em parte, seja justificada (logos), e a transforma em um princípio fundamental da TAD. Assim sendo, ele afirma que “práxis implica logos que, por sua vez, faz o backup da práxis” (CHEVALLARD, 2005, p. 23).

Segundo Artigue, Bosch e Gascón (sem data, p. 2), à medida que o bloco prático evolui, o bloco teórico também avança, sendo o contrário também válido, ou seja, à medida que os conceitos evoluem, as práticas mudam e levam à emergência de novos resultados, à procura de novas técnicas e à formulação de novos problemas que acompanham o processo de desenvolvimento.

Com relação à praxeologia completa, os autores a seguir afirmam: “Para responder a um determinado tipo de questão (...) é necessário elaborar uma praxeologia (...) constituída por um tipo de problema determinado, uma ou várias técnicas, sua tecnologia e a teoria correspondente” (CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 275).

Artigue, Bosch e Gascón (sem data, p. 3) sugerem iniciar o processo partindo do que Brousseau (1997) denominou *fenômenos didáticos*, fenômenos que aparecem no ensino aprendizagem da mesma forma que os fenômenos físicos são considerados nos estudos da física. Nestes fenômenos, segundo os autores, devem ser levadas em conta todas as controvérsias históricas que os delimitam. Dessa forma, os *fenômenos didáticos* seriam fatos empíricos, “regularidades que surgem através do estudo de problemas de pesquisa” (ARTIGUE, BOCH, GASCÓN, sem data, p. 3). Analogicamente, a dinâmica das praxeologias didáticas de um conhecimento específico acaba determinando certos comportamentos peculiares externalizados como fenômenos didáticos.

2.2 OS MOMENTOS DIDÁTICOS

Todo estudo, diz Chevallard, apresenta certas situações em comum, que ele chamará de momento didático. Ao todo, ele enumera

seis momentos didáticos: o primeiro é o *momento do primeiro encontro* com a organização considerada, o momento em que se depara “pela primeira vez com um novo tipo de problema” (PROFESSORA – CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 261), ou com os objetos específicos “que constituem um tipo de problema” (CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 276); o segundo, o *momento da exploração* de um tipo de problema e da elaboração de uma técnica para resolvê-lo (PROFESSORA – CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 267) ou, de outra forma “o *momento exploratório* relaciona um determinado tipo de problema com a construção de uma técnica adequada para abordá-los” (CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 276); o terceiro é o da constituição do quadro tecnológico-teórico referente à técnica, é o *momento tecnológico-teórico* cuja função é o de “dar ênfase aos dois níveis de justificativa: a tecnologia da técnica, que se mantém mais próximo da técnica, e a teoria, um pouco mais distante” (PROFESSORA – CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 263); o quarto é o momento de trabalhar para melhorar a técnica, é o *momento do trabalho da técnica*, e pode ser definido como o momento que “se refere ao domínio, precisão e nova criação de técnicas” (CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 276); o quinto é o momento da institucionalização, cujo objetivo é determinar os procedimentos e noções aceitos pela instituição com a qual está lidando (CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 266); e o sexto momento é o da avaliação do potencial da própria técnica desenvolvida.

A avaliação a que Chevallard faz referência não se resume à avaliação escolar do professor com relação aos seus alunos, mas

É um momento relativamente solene e que, como os outros momentos, não é vivido de uma só vez. Trata-se do momento em que você coloca à prova seu domínio da obra: conheço suas razões de ser, sei para que serve, mas, tenho certeza de que sei utilizá-la? (PROFESSORA – CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 273)

Os momentos de estudo não são momentos cronológicos, e podem ser vividos várias vezes, como é possível constatar no fragmento a seguir:

Cada momento do processo de estudo faz referência a uma dimensão ou aspecto da atividade de estudo, mais do que a um período cronológico preciso. Portanto, os momentos estão

Apesar dessa diferença constituinte da origem do conhecimento, tanto a visão empirista quanto a apriorista considera que o conhecimento se dá de forma passiva no sentido de que as coisas já estão determinadas, ou no objeto (empirismo) ou na mente (apriorismo) do sujeito, ou seja, as “condições prévias já estão todas determinadas, independentemente da atividade do indivíduo” (Ibid., p. 04).

De forma distinta das duas concepções epistemológicas – e que muitas vezes recai sobre a prática pedagógica – Becker apóia-se em uma visão construtivista ou interacionista baseada na teoria do conhecimento de Jean Piaget. Para ele, o conhecimento é uma construção em que o objeto e o sujeito, este influenciado pelo meio social em que vive, participam de sua elaboração,

... numa síntese dinâmica da ação e da abstração, do fazer e do compreender, da teoria e da prática. É dessas sínteses que emerge o elemento novo, sínteses que o apriorismo e o empirismo são incapazes de processar porque só valorizam um dos pólos da relação (Ibid., p. 04-05).

Outra dificuldade inerente aos *fenômenos didáticos* supracitados se instala no momento em que a percepção do *fazer científico como obra acabada* se institui como uma verdade alcançada, não permitindo que se discuta os critérios científicos, as regras e noções, conceitos e experiências do ponto de vista crítico, dificultando a visualização da ciência como processo historicamente construído pelos esforços de inúmeros personagens, não somente de cientistas. Ao contrário, Miguel e Videira (2011), referindo-se ao historiador e filósofo da ciência William Whewell, afirmam que “os aspectos epistemológicos e metodológicos da ciência não são independentes da integridade da formação e dos compromissos intelectuais e morais dos cientistas” (p. 33). Sobre esse aspecto, os autores afirmam:

Nesse sentido, para que o filósofo da ciência realizasse sua tarefa, ele deveria não apenas estar atento às proposições científicas, mas também

conhecimento acontece em cada indivíduo porque ele traz já, em seu sistema nervoso, o programa pronto. O mundo das coisas ou dos objetos tem função apenas subsidiária: abastece, com conteúdo, as formas existentes a priori (determinadas previamente)” (Ibid., p. 04).

Algumas pesquisas têm demonstrado que o professor de ciências, imbuído de concepções pessoais sobre educação e sobre as próprias ciências, formadas ao longo de sua vida escolar e universitária e influenciadas pelas experiências de seu trabalho atual, utiliza-se de atributos epistemológicos muitas vezes não conscientes; dessa forma, há professores que na perspectiva da origem do conhecimento podem ser identificados pelos seus atos empiristas, aprioristas (uma vertente racionalista) ou construtivistas (BECKER, 1993; CHAUI, 1977).

Do ponto de vista pedagógico, podemos ter indicações de que um professor que é guiado pelo pressuposto apriorista, inconsciente na maioria dos casos, “renuncia àquilo que seria a característica fundamental da ação docente: a intervenção no processo de aprendizagem do aluno” (BECKER, sem data-b⁷⁷, p. 5).

Para o professor apriorista as estruturas sociais não são relevantes nos procedimentos que tem por fim edificar um conhecimento, pois o aluno já nasce em condições de concebê-lo conforme se vai amadurecendo durante sua vida. Como consequência, o papel do professor passa a não ser significativo tendo em vista que o aluno já possui, mesmo que de forma embrionária, o saber.

Não obstante, Becker argumenta que explicações com base empirista não conseguem dar conta de sustentar todas as questões que são feitas ao professor, fazendo com que ele procure por explicações com outra perspectiva, a apriorista. Isso significa que o professor utiliza-se ora de argumentos empiristas ora de argumentos aprioristas, na maioria das vezes sem se dar conta disso. A esse respeito, Becker afirma:

Se continuarmos a perguntar ao professor sobre o conhecimento, desautorizando a concepção empirista (...) o professor muda seu paradigma de teoria de conhecimento. Passa a negar, inconscientemente, seu empirismo, afirmando que o indivíduo conhece porque já tem em si o conhecimento.⁷⁸ (Ibid., p. 04)

⁷⁷ In: <http://www.marcelo.sabbatini.com/wp-content/uploads/downloads/2013/07/becker-epistemologias.pdf>.

⁷⁸ Becker expõe o significado de apriorismo: “A concepção de conhecimento que acredita que se conhece porque já se traz algo, ou inato ou programado na bagagem hereditária, para amadurecer mais tarde, em etapas previstas, chama-se **apriorismo**. Podemos dizer que aprioristas são todos aqueles que pensam que o

distribuídos de uma forma dispersa ao longo do processo de estudo e não podem ser vividos “de uma só vez”. (CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 276)

P: (...) a noção de “momento” que utilizei não é uma noção estritamente cronológica. (p. 262)

P: (...). Existem de maneira dispersa. São vividos várias vezes. (p. 262)

P: (...). Além disso, quando um aluno se põe a fazer os deveres de casa, a retomar o que foi feito em classe ... (p. 263)

E: Voltará a viver os diferentes momentos: o do primeiro encontro, o da técnica... (p. 263)

P: Isso mesmo.

P: Inclusive se não houvesse professor, se o aluno tivesse de estudar sozinho (...) também teria de passar pelos diferentes momentos que compõem o processo de estudo: são as grandes tarefas didáticas que não pode deixar de realizar. (p. 263)

Ao processo que envolve os momentos didáticos descritos podem surgir obstáculos epistemológicos devido à estrutura heterogênea na qual estão inseridos (CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 284).

Vamos supor que uma parte considerável dos alunos apresente graves dificuldades para entrar, por exemplo, no contrato didático da aula de problemas. Isso se manifesta pelo fato de que muitos alunos, depois de ter contato com um tipo de problema, não chegam a realizar com ele a atividade exploratória que lhes outorga uma cláusula do contrato: os alunos “não pensam” os problemas propostos pelo professor. Esse fato também pode ser interpretado dizendo que os alunos apresentam dificuldades para superar o obstáculo ligado à passagem do *momento do primeiro encontro* para o *momento exploratório*, tal como esses são apresentados nos dispositivos didáticos atuais. (CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 284)

Diante desses fatos, a instituição escolar costuma responder ignorando a natureza didática do

problema (ignorando o processo de estudo) e apelando para fatores psicopedagógicos como, por exemplo, o fato de que o aluno não quer ou não pode se encarregar de suas responsabilidades (seja por “negligência”, “falta de interesse”, “falta de motivação”, “preparação inadequada”, “falta de capacidade”, etc.) ou, ainda, que os “métodos de ensino” do professor não facilitam que os alunos realizem a atividade matemática em questão. (CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 284)

Nesse sentido, o de argumentar em direção a estratégias de ensino que contenham uma didática específica, Chevallard (2009) recorre a Guy Brousseau, a quem essa proposta é atribuída. A didática específica “constitui, em essência, a problemática da didática (...), se refere aos conteúdos do saber e (...) traça uma linha de demarcação indispensável para abarcar e rejeitar a antiga pedagogia” (CHEVALLARD, 2009, p. 142).

Chevallard (2009) direciona seus argumentos para o discurso dos membros de uma tradição os quais fazem valer as fronteiras com outras tradições:

Agarrada a suas posições, para salvar sua alma, quero dizer sua especificidade (...) cada didática particular (das matemáticas, do francês, da física etc.) se tem negado a renunciar às fronteiras rigidamente traçadas, garantia de sua existência e legitimidade epistemológica (CHEVALLARD, 2009, p. 141)

Que haja intercâmbios e bons procedimentos, como de costume entre vizinhos. (...). Mas o individualismo epistemológico, seja da integridade científica e garantia de sobrevivência social, parece desejar que não haja nada mais em comum. (CHEVALLARD, 2009, p. 141)

Esse comportamento não teria nada de extraordinário em se tratando de indivíduos que se dedicaram durante longos anos para serem aceitos por uma tradição com toda complexidade que rodeia um campo acadêmico:

Creio que uma das razões tenazes dessa obstinação em defender o espaço próprio (...) foi o medo de ver-se um dia expulsos desses verdes

específico (Física) e o pedagógico⁷⁶; em torno desses eixos estão os considerados transitórios, que devem abarcar os dois eixos do conhecimento; são as disciplinas integradoras (ANGOTTI, 2006; VIANA, 1992; CARVALHO, 2001): as denominadas Práticas de Ensino, Instrumentações de Ensino, Estágios Supervisionados em Ensino etc.

Não sendo nosso foco de pesquisa a tradição de outros campos que não a Física, faremos alguns apontamentos conscientes da limitação a que eles estão sujeitos. Os fenômenos didáticos levantados da análise dos livros textos de Física, carregam o problema de serem pontos emblemáticos da epistemologia e de estudos da didática da ciência.

Por exemplo, ao incorporar o pressuposto de que a ciência, por meio do estudo da Física, é originada pelo viés empirista ou racionalista, o aprendiz pode ter também incorporado um obstáculo didático-epistemológico para compreender ou aceitar um dos apontamentos feitos pelas pesquisas delineadas pelo olhar construtivista.

Para o construtivismo “... as verdades de fato não podem ser alcançadas por algum tipo de dedução lógica *a priori*”, “nem a partir da experiência empírica” (CASTAÑÓN, 2006, p. 221). O pesquisador, assim, afirma:

Mas de onde vêm esses dois tipos de conhecimento? As respostas tradicionais a esta pergunta são as estritamente empiristas e as estritamente racionalistas. Piaget (1973) nega as duas. Para o empirismo, que defende aquilo a que o construtivismo se refere geralmente como objetivismo, a origem do conhecimento estaria na realidade externa que o imporia ao espírito. Para o racionalismo, o conhecimento é inato e sua evolução seria apenas atualização de estruturas pré-formadas. Piaget postula uma terceira resposta possível, a construtivista. Para ele, a construção do conhecimento exige uma colaboração necessária entre o sujeito que conhece e o objeto conhecido. É o sujeito que, ativo e a partir da ação, constrói suas representações de mundo interagindo com o objeto do conhecimento. (CASTAÑÓN, 2006, p. 222)

⁷⁶ Devido às características das disciplinas denominadas de práticas, estágios ou instrumentações de ensino de Física, entendemos que elas se enquadram como disciplinas que se diferenciam das específicas.

discussões a respeito de investigações de hipóteses que apontam caminhos para o desenvolvimento futuro. Essa característica dos livros textos acaba definindo nas entrelinhas uma Física de viés dogmatista⁷⁴, cujo elaborador é um personagem da história e distante da realidade cotidiana dos alunos⁷⁵, um sujeito superdotado capaz de pensar e de construir grandes teorias e, portanto, de mudar a percepção do mundo.

O fenômeno didático “Física é ciência aplicada” pode formar a concepção de que a Física é elaborada para fins exclusivamente práticos, não sendo contemplada a ideia de uma ciência como um conhecimento capaz de explicar os fenômenos naturais e de proporcionar uma compreensão do universo.

O fenômeno “Não existem questões iniciais” e “empirismo e racionalismo” surgem distorcendo ou complexificando percepções sobre a origem do conhecimento. A Física transposta para o livro como um *saber a ensinar* determina um conhecimento que parece surgir da mente de alguns brilhantes cientistas na forma de leis, enunciados e equações como consequência de relações intuitivas preparadas ou insights que eles, como tais, tiveram. Assim, aquém das problematizações, a leitura do livro texto pode formar a ideia de que o conhecimento da Física surgiu ou da atenta observação do cientista, ou de suas geniais intuições racionais, duas situações que parecem permitir que muitas questões a posteriori sejam respondidas.

Todos esses fenômenos didáticos podem ser apresentados como partes de uma organização de um saber oculto presente no livro texto de Física e, portanto, na tradição, mesmo que muitas vezes de forma inconsciente, dos físicos. A confirmação subjetiva (SCHAFF, 1995) na prática profissional cotidiana, leva à instalação dessas noções nos físicos, acomodando-as e adaptando-as em suas estruturas funcionais cognitivas (PIAGET, 1882 *apud* FERRACIOLI, 1999, p. 9-10).

Dessa forma, orientações que de alguma maneira divergem dessas noções-base explicam reações discordantes e resistências que podem ser esclarecidas ao se utilizar de mecanismos psíquicos da esfera do conhecimento que lida com as subjetividades, no sentido psíquico do termo. Não é preciso ir muito além, tal como Snow, quando temos como uma das preocupações a formação inicial de professores, pois é no próprio processo universitário que o aluno, enquanto licenciando, percorre caminhos entre os dois eixos da organização curricular, o

paraísos – das matemáticas, da física – dos quais cada um haveria crescido e amadurecido. Esforçando muito especialmente em não olhar para fora, conservando a orientação do olhar em direção à *alma mater* (...) esperam ser vistos e amados finalmente por ela. (CHEVALLARD, 2009, p. 142)

Chevallard (2009) afirma que “o específico do conhecimento é um centro de referência a ser conquistado (CHEVALLARD, 2009, p. 166).

Bosch, Chevallard e Gascón (2005) afirmam que as atividades realizadas na escola não podem ser adequadamente compreendidas se os fenômenos relacionados à reconstrução do objeto do conhecimento (como matemática ou física) nas instituições de origem não são considerados. Eles afirmam que esse argumento se constitui como a primeira contribuição da teoria da transposição didática. Em outros termos, os autores apontam para a necessidade de entender o estudo das práticas institucionais referentes a um campo disciplinar específico, para poder compreender também as atividades dessa disciplina nas escolas. Com relação a esse ponto, eles afirmam: “portanto, fenômenos didáticos não podem ser separados de fenômenos relacionados à produção e ao uso” dos objetos de saber específicos (BOSCH, CHEVALLARD, GASCÓN, 2005, p. 1256).

Chevallard argumenta que a didática específica deve ser introduzida na formação de todas as instâncias sociais em que esse saber específico é encontrado. No caso das matemáticas, ele aponta para formação de professores de matemática, para a formação do matemático e do usuário de matemática, como é o caso dos engenheiros e ainda estende para “todos aqueles que algum dia, de algum modo, terão que manipular as matemáticas”, o que significa “uma vasta transformação do desenvolvimento das matemáticas em nossas sociedades”, indicando a “emergência de um saber novo, historicamente inédito, sobre seu uso, sua transposição, seu ensino, e também (...), sua *produção* (CHEVALLARD, 2009, p. 176).

Indo mais fundo nessa questão, Chevallard (2009) traz para discussão o modo como a cultura trata o saber, onde, segundo ele, se *valoriza e prioriza* a sua produção, sendo a sua utilização *opaca* ou mesmo *ignorada* e seu ensino *mesmo que culturalmente mais visível que sua utilização, subestimado*, “considerado como uma empresa contingente e um mal necessário” (p. 156). Nesse sentido, a

⁷⁴ Fenômeno didático “Física é dogmatista”.

⁷⁵ Fenômeno didático “Cientista é um gênio”.

epistemologia tal como a entende Chevallard, ao priorizar a produção, não é outra coisa senão o *juízo da cultura* (Ibid., p. 156).

Além disso, Chevallard assinala que as investigações em didáticas específicas devem ocorrer no entorno imediato das instituições que abarcam essas particularidades disciplinares, tendo como foco suas atividades de produção. O domínio de investigação de um saber sábio é um direcionador para as práticas desse saber: “tudo tende a remontar em sua direção porque tudo tende a buscar a investidura epistemológica e cultural do saber sábio que ali se produz” (CHEVALLARD, 2009, p. 181).

Porém, as práticas de investigação em didáticas específicas no entorno da produção do saber sábio (produção da Física) prescindem de uma vigilância epistemológica e pedagógica, pois muitas vezes os pressupostos que os guiam não são claros nem para os próprios pesquisadores.

Por outro lado, a Física não carrega a complexidade de seu ensino; e o fato de se conhecer o contexto de sua produção, embora relevante para formação docente, é apenas um dos aspectos que permeiam a educação em Física. Faz-se necessário saber de que forma esse conhecimento de produção do saber específico é trazido para o contexto de sala de aula, ou dos manuais de ensino. Como o contexto de produção de saber sábio é contemplado nos momentos de estudo ou didáticos (chevallardianos)?

O momento exploratório é a ocasião em que se buscam técnicas que resolvam certos tipos de tarefa. A professora do livro de Chevallard, Bosch e Gascón (2001) o define da forma seguinte:

P: Preste atenção que estamos tentando fazer com que surja uma técnica para poder resolver o problema que estudamos.

E: E isso é um momento?

P: É o *momento exploratório*, durante o qual se explora o tipo de problema tentando construir uma técnica. (p. 267)

Essa ideia de exploração de um problema a fim de construir técnicas para resolvê-lo converge com a ideia de se utilizar da evolução histórica referente ao problema com as nuances sócio-culturais que o caracterizam.

Entretanto, uma das possíveis formas de resolver problemas é a axiomatização dos elementos que os constituem: “A técnica de

professores de Física, podem ser tratadas como objetos isolados do conhecimento, não sendo necessário muitas vezes, e às vezes até impossibilitando, o intercâmbio entre elas a fim de permitir a visualização global de um fenômeno da natureza.

A Física não é um conjunto desestruturado de leis e noções independentes entre si, mas elas formam um todo articulado cuja transposição (para os manuais) não permite sua visualização de forma clara, fato talvez concebido pelos estudantes como algo natural tendo em vista a vivência no próprio processo de instrução, dividido em disciplinas e em livros próprios, e feito de forma estanque. Em outros termos, esse aspecto pode não ser percebido como um problema para a tradição do físico e do professor de Física. No entanto, “as articulações entre as partes de uma teoria, ao tecerem a estrutura, compõem um *todo*, um conhecimento *global*” (HOSOUME, OLIVEIRA, 2012, p. 113).

Esse jogo dialético entre parte-local e todo-global é uma característica da estrutura de uma teoria física: ao mesmo tempo em que as partes (conhecimento local) compõem e dão sustentação ao todo (conhecimento global), o todo articulado dá significado às suas partes: a teoria é autocontida (SALÉM, 1986). Essa construção de significado, que é racional e, ao mesmo tempo, intuitiva, faz com que o todo seja maior que a soma das partes, ao mesmo tempo em que as partes, justamente por comporem o todo, são ressignificadas e, portanto, coexistem articuladas (SALÉM, 1986; KNELLER, 1980). (HOSOUME, OLIVEIRA, 2012, p. 114)

Outro fenômeno didático, enunciado por meio da afirmação “se não há equações não há Física” pode ser o responsável por levar muitos professores de Física a planejarem suas aulas utilizando-se primordialmente, quando não unicamente, de equacionamentos que permitam resolver problemas quantitativos, o que pode estar determinando nos estudantes a formação da imagem de que a interpretação de um fenômeno da natureza sem matematização não pode ser feita por ser incompleta.

O fenômeno didático enunciado como “Física é uma obra acabada” não permite problematizar os saberes postos nos livros textos no sentido de apontar os limites em que eles são aplicados com sucesso na interpretação dos fenômenos naturais, não dando abertura para

são mestres, na medida em que protegem engenhosamente o *status quo*: é a chamada “técnica da defensiva complicada”. (Ibid., p. 90-91)

Snow acaba por concluir remetendo sua fala aos educadores: “As mudanças na educação não irão, por si só, solucionar os nossos problemas. Mas, sem essas mudanças, nem sequer compreenderemos quais são os problemas” (Ibid., p. 127).

Os conflitos culturais que resultam da imersão nos cursos que visam formar professores de ciências, particularmente no campo da Física, podem influenciar de forma significativa as concepções dos aspirantes à docência. Em outras palavras, as distintas correntes filosóficas (epistemológicas), os planejamentos de ensino ou a estruturação didática que não se adequam aos pressupostos incorporados – os fenômenos didáticos –, podem acabar sendo rechaçados por um complexo mecanismo social e psíquico de rejeição, resultado do conflito entre toda uma história de formação escolar e uma nova situação na qual há a necessidade de novas reflexões e ações docentes.

No contexto da nossa pesquisa se faz necessário todo um planejamento de ensino capaz de sensibilizar o professor de Física formado nos moldes da tradição dos livros textos básicos, no sentido de que os fenômenos didáticos sejam percebidos e problematizados, permitindo mudanças e avanços referentes àquelas percepções.

Não é demais dizer que não há nenhuma trivialidade em um planejamento de ensino que tem como objetivo a sensibilização de um indivíduo para aceitação de concepções que conflituam com as que foram vivencialmente incorporadas. Os fenômenos didáticos não são percepções arbitrárias criadas por meros artifícios didáticos que podem ser descartados com a visualização do primeiro problema de adequação a uma nova situação. Pelo contrário, eles se constituem por meio de uma insistente estruturação didática que por sua vez se institui como uma fundamental forma de explicar os elementos do campo. São, portanto, enraizados culturalmente e se tornam subjetivos (SCHAFF, 1995) na medida em que são compartilhados pelo grupo.

Sendo assim, a influência da *apresentação estanque da Física*, tanto nas estratégias de ensino ou como maneiras de estruturação do campo, pode determinar futuras práticas profissionais, nos institutos de pesquisa ou nas instituições escolares e universitárias.

As distintas linhas de pesquisa ou as distintas disciplinas do currículo, mesmo estando dentro do campo da Física ou da formação de

axiomatização (...) é uma técnica didática (...), “é um instrumento de trabalho” (ibid., p. 256).

No entanto, a complexidade da axiomatização de um saber acadêmico é tanto complexo quanto o é a *praxeologia natural* presente nos estudantes, pois não há normatizações estratégicas para que uma delas seja potencializada em detrimento de outras.

A axiomatização do saber a ser ensinado é robustecida no momento do trabalho da técnica, momento de fazer com que o estudante adquira domínio da técnica necessária para resolver um tipo de tarefa e tenha condições de criar outras técnicas (CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 250) para resolver novos problemas similares àqueles. Essa posição justificaria a existência de um grande número de problemas semelhantes existentes em certas estratégias de ensino.

Essa prática pode prosseguir para sua institucionalização apontando para o caminho de uma “academização” dos saberes. Em contraposição, esse formato didático dificulta a compreensão das razões que estão por trás dessa axiomatização institucionalizada, obstaculizando a plausibilidade ou mesmo a inteligibilidade da *teoria* que fundamenta essa prática.

O momento tecnológico-teórico carrega elementos que ao mesmo tempo em que fundamentam as práticas usuais de um campo acadêmico, não o explicitam necessariamente como uma racionalidade teórica consistente, significando que apesar de válidos no espectro do território considerado, não são conscientemente abordados pelos membros do campo.

As teorias contêm enunciados, conceitos e equações que devem ser institucionalizados, e para tal, devem passar pelo crivo de uma avaliação. Para Chevallard, Bosch e Gascón (2001, p. 272) não basta ter uma técnica para resolver um problema, ela necessita ser avaliada tendo em vista sua institucionalização.

Os discursos concernentes às técnicas institucionalizadas – as tecnologias – são repetições de discursos prévios, cuja repetição simplificada tende a abreviar a técnica em enunciados e teoremas (p. 265).

Assim, o entorno tecnológico pode ser municiado por teoremas, enunciados, equações e regras como as de sinais na física, que servem para abreviar a técnica e não se tenha que repetir sempre um pequeno discurso.

Porém, nem todo discurso é auto-evidente. Chevallard, Bosch e Gascón (2001) chamam a atenção para o que denominam de *forma canônica, padrão*, que se não demonstrada explicitamente torna-se um

problema, pois ela pode ser tão fundamental ao campo como outras noções explicitadas: a forma canônica faz parte da tecnologia da técnica, pois é um “discurso fundamentado (logos) sobre um objeto que é uma *téchne*, uma técnica” (PROFESSORA – CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 237). O trecho a seguir alude a forma canônica mencionada pelos autores:

E: O que você está me dizendo é que, em geral, tenta-se escrever os objetos matemáticos em uma forma que tenha a propriedade de ser única (p. 239).

P: Isso mesmo. Procura-se que os objetos do mesmo tipo possam ser escritos da mesma forma. É o que se chama de forma canônica. (p. 240).

E: Já sei: as frações se simplificam, os polinômios são escritos ordenando os termos por graus decrescentes... e as expressões como as de antes com um radical são escritas da forma . (p.240)

P: Muito bem. Uma pessoa passa muito tempo aprendendo a colocar uma expressão dada em sua forma canônica, simplificando frações, por exemplo. (...). O professor pode dizer a seu aluno que se enganou porque seu resultado, em forma canônica, é diferente daquele encontrado por ele. E também porque o professor sabe que a expressão do resultado em forma canônica é única. (p. 240)

E: ... o teorema da unicidade não foi demonstrado em classe. E é precisamente o que justifica a resposta do professor. (p.240)

P: É muito pior! Não é que o teorema não tenha sido demonstrado, é que sequer foi enunciado! Sequer foi apresentada a questão. É dado como certo, como se fosse evidente que a resposta é única. (p. 240)

E: Isso deve ser porque na escola sempre se trabalha com expressões em forma canônica, para as quais há unicidade. (p. 240)

P: Com toda certeza. Mas depois, veja o que acontece. Os alunos passam muito tempo aprendendo a escrever certas expressões matemáticas em sua forma canônica (simplificando frações, desenvolvendo e

acordos não conflituosos podem ser feitos entre as partes, o que poderíamos dizer quando estamos no domínio social mais amplo, onde a cultura e os hábitos complexificam a comunicação? Em muitos casos, o desfecho é o “arquivamento” dos “projetos” das variadas instâncias da sociedade.

Pessoas educadas com a maior intensidade que conhecemos já não conseguem comunicar-se entre si, na área de seus principais interesses intelectuais. Isso é um perigo sério para a nossa vida criativa, intelectual e, sobretudo, para a nossa vida cotidiana. (p. Ibid., 83)

A palavra cultura é usada pelos antropólogos “para denotar um grupo de pessoas que vivem no mesmo ambiente, ligadas por hábitos comuns, postulados comuns e um modo de vida comum” (Ibid., p. 87-88). Significa ser levado por uma forte influência do grupo ao qual pertence: “Isso não significa que uma pessoa dentro de uma cultura perde a individualidade e o livre arbítrio. Significa que, sem o sabermos, somos mais do que pensamos filhos do nosso tempo, lugar e educação” (Ibid., p. 88).

Os membros de cada campo fariam a defesa do *status quo* da tradição – Royal Society como exemplo:

Os físicos teóricos tendem a conversar somente entre si mesmos, e, como tantos cabotinos, com Deus. Tanto em política científica quanto em política civil, os químicos orgânicos tendem a ser conservadores; o oposto é verdadeiro no caso dos bioquímicos. E assim por diante. Hardy⁷³ costumava dizer que se podiam ver todas essas diversidades em ação na mesa de reuniões da Royal Society. Mas Hardy, que não respeitava etiquetas ou instituições, não queria dizer com isso que a Royal Society não representava coisa alguma. De fato, sua existência é a manifestação suprema ou símbolo da cultura científica. E isso requer uma habilidade [para proteger-se do novo] em que todos os funcionários conservadores

⁷³ Provavelmente Snow se refere a G. H. Hardy que publicou *A Mathematician's Apology*, citado na página 87 de seu livro. Não há maiores detalhes sobre esta obra: ano de publicação, país, editora etc.

eles são vastos. Muitas vezes os cientistas puros e os engenheiros divergem totalmente entre si. Seus comportamentos tendem a ser muito diferentes: os engenheiros são obrigados a viver as suas vidas numa comunidade organizada e, por mais estranhos que possam ser por dentro, procuram mostrar ao mundo um rosto disciplinado. Não acontece o mesmo com os cientistas puros. Na mesma linha de raciocínio, a estatística comprova que os cientistas puros ainda estão – embora menos que vinte anos atrás⁷¹ – politicamente situados mais à esquerda do centro que qualquer outra profissão. Não ocorre o mesmo com os engenheiros, que são quase unanimemente conservadores. (Ibid., p. 51)

Snow continua discorrendo sobre essas divergências e termina por citar sua própria experiência enquanto jovem pesquisador puro:

Não poderiam estar interessados⁷². Não iriam reconhecer que muitos dos problemas eram intelectualmente tão rigorosos quanto os problemas puros, e que muitas das suas soluções eram igualmente satisfatórias e belas. O instinto deles [dos cientistas puros] (...) era admitir como certo que a ciência aplicada é uma ocupação para mentes de segunda categoria. Digo isso de maneira mais categórica porque trinta anos atrás eu mesmo adotei exatamente essa linha. A atmosfera de pensamento dos jovens pesquisadores de Cambridge da época não era coisa que nos honrasse muito. Tínhamos orgulho de saber que a ciência que fazíamos não poderia, em nenhuma circunstância possível, ter alguma utilidade prática. Quanto mais firmemente declarávamos isso, mais superiores nos sentíamos. (Ibid., p. 51-52)

Assim, se nem dentro da esfera acadêmica e científica os conflitos de interesses podem ser evitados, pelo menos no sentido de que

⁷¹ Afirmação feita em palestra em 1959.

⁷² Snow se refere aos cientistas puros, que “não poderiam estar interessados” pelas engenharias e pela ciência aplicada.

organizando os termos de um polinômio, etc.) e, ao mesmo tempo, esconde-se deles a razão de todo esse trabalho e o porquê de tanto esforço. (p. 240)

Portanto, as formas canônicas são noções a serem aprendidas no processo de enculturação acadêmica, e só podem compreendê-la por aqueles que vivenciaram o processo didático de formação específica.

2.3 SABERES DE REFERÊNCIA

A TAD se ocupa primordialmente tanto com a estrutura como com a funcionalidade didática de um saber a ser ensinado. Nesse sentido, enquanto a primeira (*praxeologia*), objetiva verificar *tipos de tarefas, técnicas, tecnologias e teorias* envoltas nesse saber, a segunda analisa como elas são dispostas em *momentos* denominados *de estudo ou didáticos: do primeiro encontro, da exploração, tecnológico-teórico, do trabalho da técnica, da institucionalização, da avaliação*.

Assim, a TAD procura fornecer coerência interna ao ensino do saber a ensinar. Porém, essa estruturação didática minimiza o papel das concepções espontâneas do sujeito/aluno e de suas preocupações e percepções relacionadas aos saberes transpostos para sala de aula (ou para os manuais). Apesar do aprendiz ser considerado, nesta teoria, agente do processo de estudo, os elementos psicopedagógicos presentes no processo são minimizados, ou mesmo desconsiderados.

Chevallard, Bosch e Gascón (2001) definem como “dispositivos pedagógicos” os elementos que não estão diretamente relacionados aos conteúdos, e de dispositivos didáticos aqueles que resultam das características dos conteúdos. Dessa forma, os autores afirmam que as distintas disciplinas têm especificidades didáticas e, portanto, não podem ser ensinadas de acordo com uma metodologia de ensino geral.

Contudo, alguns problemas identificados pelos autores podem ser explicados devido a pouca consideração do que eles chamam de *dispositivos pedagógicos*. Para efeito de exemplificação, citaremos um trecho de uma situação proposta pelos autores:

Vamos supor que uma parte considerável dos alunos apresente graves dificuldades para entrar, por exemplo, no contrato didático da aula de

problemas¹⁴. Isso se manifesta pelo fato de que muitos alunos, depois de ter um primeiro contato com um determinado tipo de problema, não chegam a realizar com ele a atividade exploratória que lhes outorga uma cláusula do contrato: os alunos “não pensam” os problemas propostos pelo professor. (CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 284)

Essa hipotética situação pode ser explicada de várias maneiras, inclusive utilizando-se do argumento de que os alunos não vêm nos problemas propostos, questões para eles significativas. Essa explicação seria compatível com o pouco crédito que os autores atribuem à realidade dos estudantes. Neste sentido, o fato dos alunos “não pensarem” os problemas poderia ser uma reação a pouca funcionalidade para suas vidas, inclusive do ponto de vista motivacional, causando um estado de desmotivação perante as questões propostas pelo professor.

Arruda e Ueno (2003) inferem, em pesquisa empírica com alunos de um curso de Física, que gosto, paixão e curiosidade exercem influências positivas para que os alunos permaneçam no curso de formação profissional inicial; esse controle subjetivo intrínseco pode provocar motivações para que eles continuem estudando e aderindo aos contratos didáticos estabelecidos entre professores e alunos. Um dos alunos dessa pesquisa ao ser questionado “*O que faz você continuar no curso é esta paixão?*”, responde com as seguintes palavras: “É essa vontade. Apesar de tudo que aconteceu, de tantas coisas que me fizeram desanimar, tem isso ainda por trás, essa vontade de aprender a Física, de entender como é que é feita a Física. Isso é maior...” (ARRUDA, UENO, 2003, p. 167).

Passos, Martins e Arruda (2005) apontam que em muitos casos apesar da influência de familiares o estudo é provocado por um gosto pela área, o que levava inclusive os alunos “a admirar os professores da disciplina e a idealizar um futuro semelhante ao desses mestres” (p. 477).

Silva e Ferreira (2013) argumentam *que fazer com que o aluno se interesse pelo conteúdo científico é tão importante quanto a construção de significados proporcionada pela sua aprendizagem. Mas para essa*

¹⁴ Os autores definem como “aulas de problemas” aquelas que são estruturadas para que o aluno conheça diferentes tipos de problemas que podem ser elaborados sobre determinando conteúdo ou tema. São, portanto, “dispositivos didáticos”, pois têm a função de auxiliar o ensino.

elaboração conceitual coletiva, seja por meio da estética a qual ele pode ser remetido (Ibid., p. 32):

E esse alicerce cultural dos literatos tem origem na forma como os indivíduos são educados, permitindo a elaboração de uma surdez aos aspectos que não estão presentes em seu próprio campo:

É como se, de um lado a outro de uma imensa gama de experiência intelectual, um grupo inteiro estivesse surdo. Com a diferença de que essa surdez não é inata, mas é causada pela educação, ou, melhor, pela ausência de educação. (Ibid., p. 32)

Tanto quanto os surdos, eles não sabem o que estão perdendo. Sorriem com um desdém compassivo diante da informação sobre cientistas que nunca leram uma obra importante da literatura inglesa. Rejeitam-nos, tachando-nos de especialistas ignorantes. No entanto, sua própria ignorância e sua própria especialização são tão surpreendentes quanto as deles. (Ibid., p. 32-33)

A surpreendente especialização a qual Snow se refere não aconteceria também por meio de vivências didáticas ou materializadas em forma de tarefas e estudos sugeridos pelos manuais? Não seriam os fenômenos didáticos formadores potenciais de percepções sobre o processo de ensino aprendizagem e sobre a própria ciência?

Snow se refere à Educação, de todos os níveis escolares, inclusive o universitário, como o principal meio para mudar esse panorama que se estabelece entre culturas. Afirma: “Não há desculpas para deixar que mais uma geração seja tão profundamente ignorante, ou tão desprovida de compreensão e simpatia, como é a nossa”⁷⁰ (p. Ibid., 85). Afinal, “nem o sistema científico de desenvolvimento mental, nem o tradicional [dos literatos], é adequado às nossas potencialidades...” (Ibid., p. 87)

Snow argumenta em sua conferência que há divergências mesmo dentro de campos específicos do conhecimento e exemplifica com relação a comportamentos no âmbito político:

É admissível englobar cientistas puros e aplicados na mesma cultura científica, mas os fossos entre

⁷⁰ Entre esses dois grupos – os cientistas e os literatos – existe pouca comunicação e, em vez de sentimentos de camaradagem, (...) [há] hostilidade. (Ibid., p. 84)

acadêmicos e quando as percepções formadas pelos fenômenos didáticos supracitados são questionadas por outras percepções/compreensões com relação aos processos didáticos envolvidos na formação docente.

Um exemplo de incompreensão mútua determinada pela formação acadêmica pode ser vista na obra “As duas culturas e uma segunda leitura”, de Snow, publicada no Brasil pela editora da USP em 1995.

O cientista e escritor Charles Percy Snow, em 1959, em uma conferência na Universidade de Cambridge, explanou o que para ele se configurava como um sonho: o desejo de que as culturas científica e literária se unificassem. Tratava-se de uma exposição sobre as diferenças entre ciências humanas e naturais que acabavam por polarizar de um lado os literatos e de outro os cientistas, deixando, entre eles, “um abismo de incompreensão mútua – algumas vezes (...) hostilidade e aversão” (SNOW, 1995, p. 21).

Para Snow, “cada um tem uma imagem curiosamente distorcida do outro. Suas atitudes são tão diferentes que, mesmo ao nível da emoção, não encontram muito terreno comum.” (SNOW, 1995, p. 21)

Exemplificando uma das diferenças entre literatos e cientistas, Snow declara:

É esse o tom, contido e reservado, em que os literatos são mestres: é a voz mitigada de sua cultura [de T. S. Eliot]. Então ouvem uma voz muito mais alta, a de outra figura arquetípica, Rutherford, trombeteando: “Essa é a era heróica da ciência! (Ibid., p. 21)

O cientista afirma que esses distintos comportamentos se constituem em prejuízos práticos, intelectuais e criativos, pois estas dimensões mentais não podem ser afastadas uma da outra (Ibid., p. 29). O que ocorre é que de certo modo os cientistas não conhecem a cultura tradicional e os literatos não conhecem as ciências.

Como parte dessa cultura instalada na vida acadêmica dos cientistas, também há noções, muitas vezes não conscientes, de que leituras fora da esfera técnico-científica não são bem-vindas ao campo; aquele que, por um motivo ou outro, incorre a este trabalho, corre o risco de ser questionado sobre a seriedade de seu argumento. Para Snow, isso tem como conseqüência o empobrecimento da pesquisa científica.

Da mesma forma, há um empobrecimento do trabalho dos literatos quando não consideram o conhecimento científico, seja como

efetiva práxis, os professores devem estar preparados “no sentido de pensar sua experiência cotidiana”; “na falta de referenciais teóricos mais ricos, tende para os estereótipos” (p. 428).

Estas pesquisas apontam para as questões de âmbito subjetivo como potencialmente influenciadoras das decisões e esforços desenvolvidos pelos indivíduos; sendo assim, elas não podem estar ausentes dos processos educacionais que enfatizam a perspectiva crítica, onde o aluno é concebido como agente ativo e protagonista de seu processo de formação.

No entanto, Chevallard, Bosch e Gascón (2001) explicam de outra forma, apontando apenas para questões de ordem interna ao conteúdo: “Esse fato (...) pode ser interpretado dizendo que os alunos apresentam dificuldades para superar o obstáculo ligado à passagem do momento do primeiro encontro para o momento exploratório, tal como esses são apresentados nos dispositivos atuais” (ibid, p. 284).

Para os autores, a incompreensão dos conteúdos está relacionada à natureza didática do problema, ao processo de estudo próprio de determinada disciplina. Eles afirmam:

... a instituição escolar costuma responder ignorando a natureza didática do problema (ignorando o processo de estudo) e apelando para fatores psicopedagógicos como, por exemplo, o fato de que o aluno não quer ou não pode se encarregar de suas responsabilidades (seja por “negligência”, “falta de interesse”, “falta de motivação”, “preparação inadequada”, “falta de capacidade”, etc.) ou, ainda, que os “métodos de ensino” do professor não facilitam que os alunos realizem a atividade (...) em questão. (ibid., p. 284)

Dessa forma, se faz necessária a inserção de outras referências teóricas que dão conta de problematizar o ensino aprendizagem de um ponto de vista mais global: somam-se à TAD os 3MP e os conceitos unificadores.

Os 3MP têm o potencial de estruturar intenções didáticas e de promover ações organizadas em planos de aula e de ensino (PERNAMBUCO, 1993, 1994; DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011), de modo que os estudantes possam atuar ativamente e criticamente “diante dos fenômenos naturais e/ou em situações problematizadoras do nosso cotidiano” (ROSA, ROSSETO,

TERRAZAN, 2003, p. 88).

Segundo Auler (*et al.*, 2005, p. 3 *apud* MUENCHEN, 2010, p. 19), a estratégia dos 3MP aproximam o mundo da escola do mundo da vida; o autor também nota a potencialidade desse método ao externalizar *indicativos de que parte significativa dos alunos tem atribuído sentidos aos conceitos no momento de seu estudo* (*ibid.*, p. 3).

Assim, enquanto a praxeologia permite analisar o formato de ensino de e sobre Física nos manuais, por meio dos 3MP pode-se ter uma avaliação sobre o tipo de aprendizagem do aluno, no sentido de verificar se ele atribui ao saber ensinado alguma importância para sua vida cotidiana.

Esta análise pode ser potencializada através da apresentação das relações possíveis entre o que o aluno sabe antes do ensino e o que é ensinado; os conceitos unificadores podem articular distintas noções e promover reflexões críticas e ações sobre conhecimentos cotidianos que possuem similaridades nos saberes a serem ensinados.

Os conceitos unificadores auxiliam na estruturação da apresentação do conhecimento científico ao relacioná-lo a certos estados significativos dos alunos, elementos que possam ser tratados pelo saber a ser ensinado. São fortes elementos auxiliares aos 3MP.

Os 3MP fundam-se como uma *dinâmica didático-pedagógica* primeiramente abordada por Delizoicov (1982), “ao promover a transposição da concepção de educação de Paulo Freire para o espaço da educação formal” (MUENCHEN, DELIZOICOV, 2012, p. 200). Os momentos possuem funções específicas e são denominados: Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento.

Na *Problematização Inicial* são apresentadas situações reais conhecidas pelos alunos e que requerem conhecimentos contidos em determinado saber a ensinar. Os alunos são incentivados a expor o que pensam a respeito das situações apresentadas; estes pensamentos devem ser inicialmente preservados, portanto, as ações do professor devem ser vigiadas para que elas não interfiram no que os alunos estão pensando e descrevendo; ou seja, “o papel do professor durante a problematização inicial é diagnosticar apenas o que os estudantes sabem e pensam sobre uma determinada situação” (GEHLEN, MALDANER, DELIZOICOV, 2012, p. 5). É o professor “que organiza a discussão, não para fornecer explicações prontas, mas, sim, para buscar o questionamento das interpretações assumidas pelos estudantes” (GEHLEN, MALDANER, DELIZOICOV, 2012, p. 5).

Mais ou menos “após” o levantamento do que os alunos pensam

CAPÍTULO 5

5 SOBRE OS FENÔMENOS DIDÁTICOS E A FORMAÇÃO DO PROFESSOR

A análise da forma com que um indivíduo foi iniciado na cultura de uma disciplina é importante para compreensão dessa cultura (BECHER, 2001, p. 44). Nesse sentido, os caminhos didáticos, adotados pelo professor e pelos manuais instrucionais e livros textos, determinam a formação de concepções sobre a cultura na qual o aprendiz está sendo inserido. Esta, quando é insistentemente reproduzida no decorrer da formação inicial, como acontece nos livros textos de Física, pode provocar o início do enraizamento de pressupostos mesmo que de maneira não consciente.

Assim, os livros textos de Física trabalham na iminência de uma constituição, não somente de concepções sobre a Física, mas principalmente do que vem a se instituir por meio de uma *didática da Física*. Becher (2001) afirma que “em um nível mais cotidiano, os iniciados estão imersos em um folclore e em um código de práticas aceitas ou requeridas que condicionam sua maneira de ver o mundo” (p. 45).

Neste capítulo, argumentamos que os fenômenos didáticos anteriormente apresentados no capítulo anterior delinham pensamentos e ações do professor de Física, se constituindo como parte de uma cultura do professor de Física. O argumento é reforçado quando são encontrados, na literatura da área de “ensino de”, resultados de pesquisas que apontam para sua presença.

Argumentamos que os sujeitos que pertencem a determinados campos do conhecimento acabam sendo motivados a pensar e agir de tal forma que permitem um grau de ajustamento satisfatório à sua área de formação e atuação, resistindo a outros pensamentos e ações.

Sustentamos que a docência sofre interferências tais como a que Becker (1993) denomina como *uma epistemologia do professor*, que pressupõe razões docentes desenvolvidas ao longo da trajetória escolar e são cultivadas profissionalmente.

Trazemos para reflexão elementos que influenciam o processo de manutenção da enculturação docente. A questão que procuramos delinear trata do controle que exercem os pensamentos e ações dos indivíduos devido aos pressupostos formados pela “didática tradicional” dos livros textos de Física. Entre as várias possibilidades de controle, destacamos duas delas: quando estão em jogo distintos campos

quem e para quantos devemos pensar o ensino? Não seria o caso de potencializar os instrumentos e caminhos para uma “ciência para todos”?

sobre as situações selecionadas, a meta passa a ser a sua problematização: “deseja-se aguçar explicações contraditórias e localizar as possíveis limitações e lacunas do conhecimento que vem sendo expresso” (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011, p. 201).

O ponto culminante dessa problematização é fazer que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém, ou seja, procura-se configurar a situação em discussão como um problema a ser enfrentado. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011, p. 201)

Em outros termos, “a problematização poderá permitir que o aluno sinta necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém; ou seja, a situação ou questão se configura para ele como um problema para ser resolvido” (DELIZOICOV, ANGOTTI, 1992, p. 29).

Portanto, por meio do que os autores chamam de *diálogo tradutor*, objetiva-se “obter o conhecimento vulgar do educando, e não apenas para saber que ele existe; é necessário trabalhá-lo ao longo do processo educativo, para fazer, como prescreve Bachelard, sua ‘psicanálise’” (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2002, p. 199).

Na *Organização do Conhecimento*, o objetivo é estudar o conhecimento necessário para dar conta de responder aos problemas levantados no primeiro momento. Fazem parte deste conhecimento, “as definições, conceitos, relações, leis, apresentadas no texto introdutório” (DELIZOICOV, ANGOTTI, 1992, p. 29). Muitas atividades podem ser empregadas nessa tarefa, inclusive as conhecidas e supervalorizadas resoluções de problemas e exercícios muito encontradas nos cursos de Física e nos livros textos (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011, p. 201).

A *Aplicação do Conhecimento* é o momento de abordar o conhecimento que está sendo incorporado pelo aluno para que as situações inicialmente postas e outras delas distintas possam ser explicadas à luz desse conhecimento. Trata-se de um retorno para a situação apresentada ou discutida no primeiro momento, um retorno às questões inicialmente postas, mas não se atendo somente a elas; também outras questões passíveis de serem respondidas pelo conhecimento incorporado são levantadas, “na intenção de transcender o uso do conhecimento para outras situações que não apenas a inicial”

(MUENCHEN, DELIZOICOV, 2012, p. 206).

Pierson (1997)¹⁵ sintetiza com as seguintes palavras:

Devem se suceder no processo de ensino e aprendizagem: o primeiro momento de mergulho no real, o segundo caracterizado pela tentativa de apreender o conhecimento, já construído e sistematizado, relacionado a este real que se observa e o terceiro momento de volta ao real, agora de posse dos novos conhecimentos que permitam um novo patamar de olhar (PIERSON, 1997, p. 156).

Para atingir este novo patamar [ao qual Pierson (1997) se refere],

Delizoicov (1991) afirma que a prática educativa necessita ser desenvolvida segundo um modelo didático-pedagógico que propicia a ruptura entre o conhecimento do estudante e o conhecimento sistematizado, isto é, entre a “cultura primeira” e “cultura elaborada” (SNYDERS, 1988). (p. 8)

No entanto, a ruptura esperada trata-se do enfrentamento de convicções formadas ao longo da vida, as quais embasam aspectos ontológicos e epistemológicos.

Nesse sentido,

O pressuposto assumido aqui é um sujeito coletivo, cuja constituição é caracterizada pelas esferas simbólica, social e produtiva (...). Isso significa que a preocupação é com um sujeito indivíduo (cada um de nossos alunos), que se constitui como sujeito coletivo à medida que interage, estabelecendo relações com o meio físico e social pelas quais se apropria de padrões quer de comportamento quer de linguagem, para uma abordagem do objeto do conhecimento. É, portanto, um sujeito *não neutro*, mas, para além da consequente diversidade das interações em que está inserido, é concebido como *ontológico*, ou seja, como possuidor de uma natureza que é comum a todos e a cada um dos seres humanos,

meio tanto físico como social. (BECKER, sem data-a)

Também estamos nos referindo às concepções epistemológicas de Bachelard (1996, 1978a, 1978b) e Fleck (2010), realistas críticos que vêem na origem do conhecimento, interações entre objetos e sujeitos que acabam resultando em uma compreensão dos fenômenos naturais. Ambos já foram considerados em várias sugestões de metodologias de ensino com ênfase construtivista feitas por docentes e pesquisadores.

Contudo, as contribuições do movimento construtivista consideram o saber do aluno como um elemento delineador para a continuidade do processo de ensino, elemento que deverá ser trabalhado para que outros saberes possam ser introduzidos no processo. Nesse ponto, nossa percepção dos exemplares (CASSIDY, HOLTON, RUTHERFORD, 2002; e FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS, 2008) é que lhes faltam elementos transitórios entre aquilo que o aluno já detém e o saber a ser ensinado.

Assim, muito embora os exemplares tragam componentes da história e uma rica discussão conceitual, não há espaço para que o senso comum enraizado seja externalizado para análise. Este espaço permitiria verificar se o saber cotidiano tem o potencial de explicar fenômenos variados, por exemplo, aqueles não previstos pelos próprios alunos, desenvolvendo uma reflexão e uma atitude crítica perante seus pressupostos.

Esse espaço poderia dessa forma se estabelecer, nos manuais, como um momento para se pontuar as concepções dos alunos mais encontradas nas pesquisas empíricas encontradas na literatura da educação científica e tecnológica para posterior organização tanto delas como do conhecimento escolhido para ensinar. Portanto, é um espaço que pode estar instituindo o primeiro momento dos três momentos pedagógicos, ou seja, a problematização inicial, e que poderia estar direcionando estratégias para sua transformação.

Portanto, além da contextualização histórica e de aspectos qualitativos dos elementos científicos a serem ensinados, o método de ensino do manual estaria contemplando concepções que os alunos trazem para sala de aula. A inexistência da problematização inicial, sendo o primeiro dos três momentos pedagógicos, e devido à forte inter-relação entre os três momentos, prejudicaria ou mesmo impediria o desenrolar de todo o processo de ensino.

Apesar disso, sabemos que há exceções. Alguns acabam não sendo vítimas desse falho processo de ensino. Cabe-nos questionar, para

¹⁵Citado também por MUENCHEN, DELIZOICOV (2012, p. 200).

O capítulo 2 do livro A, consistente com os demais capítulos analisados, é estruturado por meio da inserção inicial de uma tecnologia: os enunciados, as equações, as definições. Estas muitas vezes se constituem como as próprias técnicas para resolver tipos de tarefas. Em seguida, como já apontamos no capítulo anterior, exemplos de resolução de exercícios são fornecidos.

Os exemplares, nesta tese, possuem a função de proporcionar um modelo de material cujo objetivo ultrapassa o ensino aprendizagem do conhecimento científico em questão, levando à formação de concepções pedagógicas e epistemológicas que se aproximam do que muitos pesquisadores em educação científica têm defendido desde algumas décadas.

Estamos nos referindo às propostas de ensino baseadas nas pesquisas que se fundamentam em abordagens construtivistas, como as considerações às já muito conhecidas concepções alternativas e à estratégia de ensino que coloca o aluno (sujeito) como protagonista do processo e o professor como um mediador entre o saber a ensinar e os objetos a aprender.

Nesta perspectiva, “Sujeito e objeto não têm existência prévia, a priori: eles se constituem mutuamente, na interação. Eles se **constroem**” (BECKER, sem data-a⁶⁹). O autor afirma também que

O sujeito age sobre o objeto, assimilando-o: essa ação assimiladora transforma o objeto. O objeto, ao ser assimilado, resiste aos instrumentos de assimilação de que o sujeito dispõe no momento. Por isso, o sujeito reage refazendo esses instrumentos ou construindo novos instrumentos, mais poderosos, com os quais se torna capaz de assimilar, isto é, de transformar objetos cada vez mais complexos. Essas transformações dos instrumentos de assimilação constituem a ação acomodadora. **Conhecer é transformar o objeto e transformar a si mesmo.** (O processo educacional que nada transforma está negando a si mesmo.) O conhecimento não nasce com o indivíduo, nem é dado pelo meio social. O sujeito constrói seu conhecimento na interação com o

69

<http://www.pead.faced.ufrgs.br/sites/publico/eixo6/psicologiaii/construtivismo.html>. Sem data-a. Acessado em 10/10/2013.

incluindo nessa universalidade a capacidade de se constituir com um aparato cognitivo que lhe permita conhecer, caracterizando-se também como um *sujeito epistêmico*. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011, p. 184)

Esses padrões de comportamento, de linguagem, estabelecidos sob influência de um fazer e pensar cotidianos, podem ser mirados sob um direcionamento crítico, para o qual outro padrão deve estar disponível para análise, o de relevo científico, que foi apresentado e discutido no segundo momento pedagógico.

Entretanto, esse trabalho, que tem como perspectiva a formação de um sujeito crítico, deve ser permeado pelo que ficou conhecido como *conceito unificador* (ANGOTTI, 1991) – conceitos supradisciplinares¹⁶, e intradisciplinares¹⁷ –, pois em caso contrário, corre-se o risco de que elementos análogos presentes em situações cotidianas e científicas sejam considerados como especificidades de cada situação, sendo, portanto, elementos que não podem ser confrontados. Em outros termos, isso significa que dependendo do ambiente vivenciado (da situação) utilizam-se os termos, as palavras e seus significados por ele (ambiente) conformado, o que apontaria para a não necessidade de rupturas conceituais e nocionais entre o senso comum e o conhecimento científico a ser ensinado.

Ao contrário, ao planejar mudanças conceituais e rupturas epistemológicas por parte dos alunos, os conceitos e noções do senso comum e os científicos devem estar sendo debatidos e confrontados, a fim de discutir tanto os limites como o potencial explicativo de cada um deles. Os conceitos devem ser postos sob questões que os situam de forma comparativa: de um lado a realidade do aluno e de outro a científica. Dessa forma, as situações reais dos estudantes e as situações científicas são *situações unificadoras*, cujo objetivo é unificar distintas circunstâncias para análise e discussão.

Porém, essas situações devem ser escolhidas em função dos *conceitos unificadores* (ANGOTTI, 1991), para que seja possível a análise crítica dos elementos similares envolvidos, e sob distintos significados, em cada uma das situações.

¹⁶São conceitos que podem ser encontrados em várias disciplinas ou áreas, tais como Física, Química, Biologia, por exemplo.

¹⁷Definimos como conceitos intradisciplinares aqueles que podem ser encontrados em vários temas dentro de uma mesma disciplina.

Afinal,

... num contexto em que os valores e as linguagens não são os mesmos daqueles compartilhados pelas comunidades científicas – situação típica do conhecimento do senso comum em que os alunos, sobretudo do ensino fundamental, estão cotidianamente imersos –, os fenômenos estudados pelas Ciências não têm as mesmas significações atribuídas pelo corpo de conhecimento científico (...). (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011, p. 185)

Além disso, a análise das diferenças entre situações unificadoras pode proporcionar também compreensão dos aspectos sociais e culturais dos momentos históricos em que os conceitos unificadores são utilizados em cada uma das situações. Nesta perspectiva, não somente situações cotidianas e situações que visam apresentar conhecimento científico atual são contempladas, mas também situações encontradas na evolução conceitual dos elementos escolhidos para serem ensinados. Portanto, devem ser consideradas pelo menos três situações a fim de unificar conceitos a serem ensinados: a cotidiana (do aluno), a histórica, e a atualmente aceita pela comunidade de cientistas.

Na evolução de um conceito, pode haver um número razoável de situações até se chegar ao atualmente aceito pela comunidade de cientistas, daí a importância de se trabalhar densamente os aspectos sócio-culturais que as caracterizam e as mudanças que proporcionaram sua evolução conceitual. Esta forma de se trabalhar o ensino de um conceito tem a vantagem de promover uma aprendizagem que minimiza sua fragmentação do todo histórico além de permitir a construção de uma explicação para os conteúdos que são hoje encontrados nos manuais de ciências de todos os níveis institucionais.

Soma-se à elucidação e discussão dos aspectos histórico-sociais, a apresentação e discussão das questões que motivaram cientistas e todos os envolvidos no processo de construção do saber, ou de construção de mais saber, conforme Chevallard, Bosch e Gascón (2001) afirmam.

É preciso, então, que as teorias, modelos, conceitos e definições com base nas quais se elaboram os conteúdos programáticos escolares reflitam, também, seu processo de produção, de modo que se explore a historicidade do conceito

constante. Eles vão bater no chão juntos se eles são abandonados da mesma altura. Esta conclusão foi testada muitas vezes com aparelhos modernos, e é às vezes chamada de “lei (ou regra) de Galileu da queda livre”. (ibid., p. 46-47)

Todas essas considerações conceituais e históricas, dos saberes de referência e de outros, a respeito do movimento em queda livre, podem promover a visualização dos progressos que levaram à conceitualização do fenômeno, trazendo um pouco do contexto dos próprios cientistas (evitando o fenômeno da despersonalização – Chevallard, 2009) e discutindo questões do senso comum, podendo promover reflexões a respeito de concepções difíceis de serem abandonadas.

4.1.10 Integração de Gráficos em análise de movimento

O tópico 2-10 (p. 27) do manual é o último do capítulo. Nele, há uma explanação demonstrando que por meio de um gráfico da aceleração em função do tempo de certo objeto, é possível achar a velocidade em qualquer instante através de uma integração definida, e que isso está relacionada à área entre a curva da aceleração e o eixo no qual constam os tempos (inicial e final).

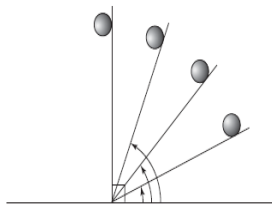
Analogamente, em um gráfico de velocidade por tempo, a integral definida de vdt , entre o tempo inicial e final é igual à área entre a curva de velocidade e o eixo dos tempos.

Portanto, o movimento é introduzido neste tópico por um enunciado, que afirma ser possível uma relação entre uma integral definida e uma área vistas em um gráfico. Ou seja, é a inserção de uma relação por meio de uma tecnologia/técnica. Em seguida, um exemplo de aplicação do cálculo da área para determinação da velocidade no contexto de um caso do cotidiano é dado no texto.

4.1.11 Indo além da aprendizagem do conhecimento científico

A análise do capítulo 2 do livro A, portanto, tem a função de contrapor o ensino de parte do conhecimento de cinemática do livro A com saberes de referência e exemplares que consideramos bons modelos de ensino para aprendizagem de e sobre Física, conforme sustentamos anteriormente.

FIGURE 1.20 Spheres rolling down planes of increasingly steep inclination. For each angle, the acceleration has its own constant value. At 90 degrees, the inclined plane situation looks almost like free fall. Galileo assumed that the difference between free fall and “rolling fall” is not important (in most real situations, the ball would slide, not roll, down the steep inclines).



(*ibid.*, p. 46)

*Em suma, pela experiência sobre o plano inclinado Galileu descobriu que um valor constante de d/t^2 seria característica da aceleração uniforme partindo do repouso. (*ibid.*, p. 46)*

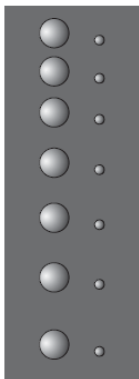


FIGURE 1.21 Two falling balls (unequal weights) in vacuum.

(*ibid.*, p.47)

Por extrapolação daquela situação experimental que ele não poderia medir, ele concluiu finalmente que a queda livre, que ele não poderia examinar diretamente, era um exemplo de movimento uniformemente acelerado. Portanto, desprezando a resistência do ar, Galileu concluiu: Todos os objetos que caem livremente, sejam pesados ou leves, vão cobrir a mesma distância no mesmo período de tempo, movendo-se com a mesma aceleração

veiculado e se explicita seu caráter simultaneamente verdadeiro e provisório – o qual, sendo elucidativo e interpretativo para uma compreensão do real, constitui, portanto, uma verdade temporal. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011, p. 186)

O trabalho didático pela via histórica, da forma como foi exposta, estaria posicionando criticamente a visão compartilhada por muitos professores e alunos, e encontrada em pesquisas empíricas e publicadas na literatura da área, de uma ciência pronta e acabada, além de absolutamente verdadeira.

Mas entre o contexto da descoberta e o contexto dos manuais há um complicado caminho, que é complexificado ainda mais no contexto de sala de aula, “no planejamento das aulas e em sua execução, em que não é nada desprezível o papel desempenhado pelos livros didáticos e pelo professor” (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011, p. 187). Sobre esse ponto, esses pesquisadores afirmam:

O complexo caminho percorrido entre o contexto de produção das teorias e modelos até sua inclusão no currículo escolar constitui um processo – algumas vezes denominado de *transposição didática* – influenciado por múltiplos fatores de distintas ordens. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011, p. 187)

2.4 SOBRE OS EXEMPLARES

Temos como pressuposto que o ensino de Física historicamente contextualizado permite compreender de forma mais completa suas teorias, e seus elementos a elas relacionados, tal como os conceitos, as definições e os enunciados. Além do trabalho que objetiva contemplar a evolução histórica da Física, também temos como pressuposto que a falta de detalhamento de certos aspectos da teoria obscurece a plena compreensão da mesma, podendo induzir a concepções individuais as mais variadas. Conforme estaremos apontando, muitas dessas concepções podem ser encontradas na literatura da área.

Em particular, dois manuais de Física podem ser considerados, dentro dessa perspectiva, como *exemplares* que procuram fazer com que as teorias sejam ilustradas evitando ou minimizando as rupturas lógicas que dificultam a inteligibilidade global das teorias. De outra forma,

quando as razões que possibilitam a aceitação de certas definições ou enunciados não são esclarecidas, podem ser criados obstáculos didáticos com relação à plausibilidade de suas afirmações.

A obra *Understanding Physics*, de David Cassidy, Gerald Holton e James Rutherford, publicado em 2002, é um manual de Física que procura fornecer uma visão histórica panorâmica dessa ciência, sem se esquecer do delineamento conceitual de seus elementos. Os autores objetivam explorar o desenvolvimento e o conteúdo das principais ideias que levaram à compreensão que hoje temos do universo (CASSIDY, HOLTON, RUTHERFORD, 2002, p. 3).

Os autores notam que o livro se trata de um curso de Física que vai além da explanação de conceitos, leis e teorias, ao apresentar a ciência “como uma experiência, uma aventura intelectual integrada e excitante, um produto da movimentação contínua da humanidade para conhecer e compreender nosso mundo e nossa relação para com ela” (ibid., p. 3).

A abrangência histórica das teorias é necessária na medida em que as ideias que a conformam são integradas de forma inteligível no corpo teórico do conhecimento científico atual, ou seja, como os autores sustentam, “na medida em que essas ideias ganham vida quando olhamos para trás” (ibid., p. 3); quando fazemos isso é possível verificar “como elas surgiram, quem eram as pessoas que chegaram a essas ideias em sua luta para entender a natureza e como essa luta continua até hoje” (ibid., p. 3).

Portanto, a obra *Understanding Physics* é definida pelos próprios autores como um manual caracterizado por situar a Física de duas maneiras: a Física e os indivíduos presentes em sua história, por um lado, e a atmosfera dos tempos em que as ideias surgiram. Dessa forma, argumentam os autores, o processo de construção da ciência, sua natureza e relação com a cultura, podem ser percebidos; eles afirmam:

Como você observa a ascensão e a queda das teorias físicas, você vai ganhar uma apreciação da natureza da ciência, de onde nossas teorias atuais vieram, das razões pelas quais nós as aceitamos hoje, e do impacto dessas teorias e ideias sobre a cultura em que elas surgiram. (ibid., p. 3)

Enfim, os autores sintetizam, “você vai ver como a Física passou a ser pensada tal como é hoje” (ibid., p. 3).

Apesar da presença de discussões em torno da elaboração dos

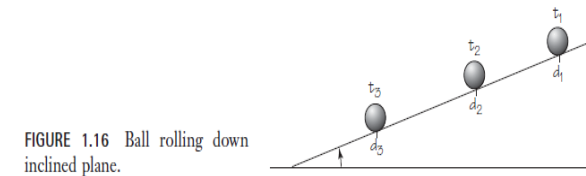


FIGURE 1.16 Ball rolling down inclined plane.

(ibid., p. 44)

Galileu ampliou essa experiência e “examinou o que acontece quando o ângulo de inclinação é alterado. Quando o ângulo de inclinação aumenta, relatou que a razão d/t^2 também aumenta” (p. 46).

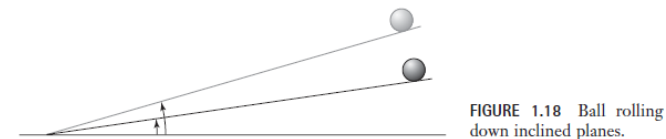


FIGURE 1.18 Ball rolling down inclined planes.

(ibid., p. 45)

Após obter seus resultados para pequenas inclinações, Galileu então tentou uma “experiência imaginária”, isto é, um experimento que ele realizou apenas logicamente em sua mente, uma vez que não poderia ser realizado na realidade. Nesta experiência imaginária, Galileu extrapolou seus resultados para pequenos ângulos de inclinação para ângulos mais íngremes onde a bola se move mais rápido para medições precisas de t , e finalmente, para o ângulo de inclinação de 90° , quando a bola estaria se movendo em linha reta como um objeto em queda livre. Uma vez que esse foi apenas um caso extremo de movimento inclinado (uma “inclinação” que na verdade é vertical), ele argumentou que d/t^2 ainda seria constante mesmo nesse caso extremo.

Como medir intervalos de tempo muito curtos quando objetos caem de diferentes distâncias? (...). Um teste direto da hipótese ainda não era possível. Engenhosamente, Galileu virou-se para um teste indireto inteligente. Ele decidiu testar um objeto que estava sob a influência da gravidade, mas não em queda livre. Ele propôs uma nova hipótese:

Se um corpo em queda livre tem aceleração uniforme, então uma bola perfeitamente redonda rolando em uma inclinação perfeitamente lisa também terá uma constante, embora menor, na aceleração.

Salviati descreveu um teste experimental em Duas Novas Ciências. Outros que repetiram este experimento tiveram resultados muito similares àqueles por ele descritos. (ibid., p. 43)

A experiência era a que segue:

Em primeiro lugar, mantendo o ângulo constante em um plano inclinado, Galileu permitiu que uma bola redonda percorresse diferentes distâncias para baixo do plano inclinado a partir do repouso. Ele mediu o tempo decorrido em cada caso usando um relógio de água, um dispositivo que mede o tempo decorrido (...). Se d_1 , d_2 e d_3 representam distâncias alcançadas pela bola, medidas a partir do ponto de partida, sobre o plano, e t_1 , t_2 , e t_3 representam os correspondentes tempos pegos para rolar essas distâncias, então ele poderia ver se as acelerações tinham o mesmo valor em cada um dos casos pela divisão de cada d pelo correspondente t^2 . Se todas essas razões tivessem mesmo valor, como foi discutido, seria o caso de aceleração uniforme. (ibid., p. 44)

conceitos, leis e definições em *Undertanding Physics*, que dão corpo para as teorias, os *Feynman Lectures on Physics* podem auxiliar a análise dos livros textos, pois eles são caracterizados por conter uma exposição dessa ciência, como notam os autores, *passo a passo*, pois “é necessária uma grande preparação para até mesmo entender o que as palavras significam” (FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS, 2008, p. 1-1).

Os autores problematizam um ensino que parte de definições e demonstrações de suas aplicações:

Você pode perguntar por que não podemos ensinar física apenas escrevendo as leis básicas em uma página e então mostrando como elas funcionam em todas as possíveis circunstâncias, tal como fazemos na geometria euclidiana, onde enunciamos os axiomas e fazemos todo tipo de deduções. (...). Não podemos fazê-lo dessa forma por dois motivos. Primeiro, ainda não *conhecemos* todas as leis básicas: existe uma fronteira de ignorância em expansão. Segundo, o enunciado correto das leis da física envolve algumas ideias pouquíssimo familiares que exigem uma matemática avançada para sua descrição. (FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS, 2008, p. 1-1)

Assim, a não trivialidade das teorias científicas e dos métodos empregados para se chegar a elas faz com que os autores introduzam cada componente utilizando-se de uma abordagem didática que permite uma reflexão sobre a logicidade presente nas relações que ela permite realizar. Há certas noções nas teorias físicas que, caso não sejam entendidas, bloqueiam o prosseguimento do estudo, pois são essenciais para que algumas elaborações teóricas tenham algum fundamento.

É o caso da noção de simetria que, segundo Feynman, Leighton e Sands (2008), tem na Física um sentido especial, necessitando, por esta razão, ser definida; os autores definem e exemplificam a noção a partir da questão: “quando algo é simétrico – como definir isso?” (p. 11-1). Também é o caso dos conceitos primários que são utilizados segundo a crença de que os indivíduos possuem uma percepção prévia sobre seus significados, como o conceito de tempo. Feynman, Leighton e Sands (2008), partindo da questão “O que é tempo?”, procura defini-la tendo como auxílio a consulta a um dicionário, demonstrando dessa forma que o conceito, tal como é posto “não é de muita utilidade” (p. 5-1), o que

remete a uma conclusão: “tempo é uma das coisas que provavelmente não podemos definir (no sentido de dicionário), e apenas dizer que ele é, o que já sabemos que é: o quanto esperamos!” (ibid., p. 5-1). Sendo assim, prosseguem justificando a mudança da questão para “como medimos o tempo?”: “o que realmente importa não é como *definimos* tempo, mas como nós o medimos” (ibid., p. 5-1).

Portanto, o conceito de tempo não é simplesmente dado como uma definição. Após uma introdução em que discute seu significado, os autores iniciam uma descrição física de como ele pode ser medido:

Uma forma de medir tempo é utilizando algo com o qual acontecem coisas que se repetem de forma regular – algo que seja *periódico*. Por exemplo, um dia. Um dia aparentemente se repete sempre. Mas quando começamos a pensar sobre isso, alguém pode perguntar: “Os dias são periódicos; eles são regulares? Todos os dias têm o mesmo tamanho?” Certamente, sabe-se que os dias no verão são mais longos que no inverno.

(...).

Aparentemente, entretanto, os dias são quase do mesmo tamanho *na média*. (ibid., p. 5-1 – 5-2)

Essa característica de discutir os conceitos pormenorizadamente é encontrada nos três volumes da obra de Feynman, Leighton e Sands. Entretanto, não parece haver a preocupação de seguir uma evolução histórica desses conceitos, muito embora em algumas situações, haja contribuições dessa natureza. Portanto, oportunamente as duas obras, a de Cassidy, Holton e Rutherford (2002) e a de Feynman, Leighton e Sands (2008), são saberes de referência que contribuem para análise da estrutura didática encontrada nos manuais, de distintas formas, permitindo uma reflexão mais global sobre esse processo.

Contudo, insistimos que essas propostas de ensino não são as que encontramos nos manuais, na tradição do ensino de Física e, portanto, não estão institucionalizadas.

2.5 SABERES DE REFERÊNCIA E EXEMPLARES

Nos tópicos anteriores fizemos exposição dos aspectos referentes aos saberes de referência e aos exemplares a serem considerados na análise dos dados dessa pesquisa. A dinâmica a ser estabelecida entre eles será delineada neste tópico.

$$a = \frac{2\Delta d}{\Delta t^2}$$

Esta é a espécie de relação que Galileu estava procurando. Ela relaciona a distância total viajada Δd e o tempo decorrido Δt à aceleração a , sem envolver rapidez [velocidade]. (ibid., p 42)

Para deduzir a equação tal como encontrada nos manuais de Física, os autores seguem o seguinte raciocínio:

Antes de concluir, no entanto, podemos simplificar os símbolos na equação para torná-la mais fácil de usar. Se você medir distância e tempo a partir da posição e do instante em que o movimento começa, então $d_{inicial} = 0$ e $t_{inicial} = 0$. Portanto, os intervalos Δd e Δt têm os valores dados por d_{final} e t_{final} . Portanto, podemos escrever a primeira equação acima como:

$$d_{final} = \frac{1}{2} a t_{final}^2$$

Ou, se simplesmente escrevemos d_{final} como d e $t_{inicial}$ como t , temos

$$d = \frac{1}{2} a t^2$$

Esta é a forma mais bem conhecida do famoso resultado de Galileu, mas lembre-se que é uma equação muito específica. Ela dá a distância total de queda como uma função do tempo total da queda livre, mas é válida somente para movimentos que se iniciam do repouso ($v_{inicial} = 0$), com aceleração uniforme ($a = \text{constante}$), e o tempo e a distância são medidos desde o início da queda ($t_{inicial} = 0$ e $d_{inicial} = 0$). (ibid., p. 42)

Em seguida, os autores apresentam outro problema de ordem prática para examinar a aceleração em queda livre:

exatamente ao mesmo tempo! (ibid., p. 40-41)

Em seguida, Cassidy, Holton e Rutherford (2002) explicam como Galileu continuou com essa pesquisa chegando a algumas das equações do movimento:

*Mas como exatamente deve-se definir aceleração uniforme (afinal, Galileu foi o primeiro a colocar essas ideias no papel)? Deveria basear a definição sobre a distância em que o objeto viaja ou sobre o tempo que ele leva para viajar? Coube a Galileu decidir, e ele escolheu a definição que tem sido aceita desde então. Galileu declarou no livro *Duas Novas Ciências*:*

Um movimento é dito para ser uniformemente acelerado quando, iniciando do repouso, adquire aumentos iguais de velocidade Δv durante intervalos de tempo Δt iguais.

De outra forma, considerando a aceleração constante a razão $\Delta v/\Delta t$ seria constante durante qualquer parte deste movimento. Galileu também mostrou que esta definição pode ser verdadeira para o caso de queda de objetos.

Entretanto, havia o problema de ordem prática na medição da razão $\Delta v/\Delta t$ e, portanto, o problema envolvia a prova de que a aceleração seria de fato constante. Para obter o valor dessa razão era preciso obter velocidades instantâneas e as variações temporais entre elas, medidas que Galileu não pôde conseguir.

Apesar dessa dificuldade, Cassidy, Holton e Rutherford (2002) observam que “isso não parou Galileu”, mas fez com que ele *se virasse para a matemática* para deduzir uma equação para a aceleração partindo de sua definição e que não envolvia mais as velocidades instantâneas, mas a variação das posições:

$$\Delta d = 1/2 a(\Delta t)^2$$

Ou, reagrupando os termos,

Os saberes de referência e os exemplares serão considerados tanto para análise dos manuais de Física como para sugerir uma metodologia de ensino para elaboração de livros textos, especialmente de manuais de Física.

Ao considerar os 3MP, nem sempre os elementos presentes nesta proposta podem ser diretamente ligados às especificidades de um livro didático; é o caso – a título de exemplificação – do professor, que teria a função de auxiliar discussões que poderiam estar presentes nos três momentos pedagógicos; também é o caso do aluno, no que tange ao levantamento de percepções e de situações de sua realidade, nem sempre identificáveis para todos os sujeitos de distintas regiões do país.

Apesar das especificidades do livro, mencionadas no parágrafo anterior, o manual pode estar sugerindo temas ou apresentando-os através do que tem sido publicado na literatura da área, contemplando pesquisas acadêmicas até então ignoradas no efetivo fazer pedagógico escolar. A literatura da área de ensino tem apontado para muitas representações (SILVA, 2012) e problemas, especialmente de senso comum, que podem ser considerados em um primeiro momento nos manuais.¹⁸ Como muitas das compreensões, necessidades e problematizações conhecidas, devido às publicações científicas da área, deve haver uma possibilidade considerável de que os alunos também as tenham e, portanto, de alguma forma se identifiquem com os indivíduos que fizeram parte dos processos empíricos de pesquisa citados.

Vale lembrar, nesse sentido, que nas últimas décadas do século XX, muitas pesquisas, utilizando-se de analogias entre o processo de ensino e o processo de evolução conceitual encontrado em estudos da história da ciência, fizeram com que os pesquisadores apontassem similaridades entre o pensamento dos cientistas e as concepções dos estudantes, indicando que estas poderiam ser superadas pelos mesmos caminhos em que historicamente elas foram modificadas.

Algumas pesquisas (GANG, 1993) têm inferido que concepções pessoais, conhecidas como alternativas ou pré-concepções, parecem existir em formatos muito semelhantes em comunidades culturalmente e socialmente bastante distintas. Esses resultados reforçam a integração do sujeito epistêmico com o sujeito ontológico, em uma interação complexa e difícil de ser elucidada. Pode-se, por exemplo, pensar em conceitos como inconsciente coletivo, que aponta para a presença de elementos inconscientes em indivíduos culturalmente, socialmente e

¹⁸ Silva (2012) sugere utilizá-la para elaboração de materiais instrucionais com recursos hiperlinks.

geograficamente distantes.

Devido a essas considerações, seria espantoso se, ao contrário, os alunos não se identificassem em nenhum momento com as concepções, sensações, sentimentos veiculados pela ampla literatura nacional e internacional até o momento. Há uma rica pesquisa sobre concepções pessoais, particularmente sobre o campo da Física, que culminaram no movimento conhecido como mudança conceitual, e que pode ser utilizada para confecção de manuais.

O Primeiro Momento Pedagógico, portanto, no livro texto, seria uma exposição cuidadosa e organizada, talvez por categorias de análise, de concepções, sensações, sentimentos dos alunos segundo são expostos na densa publicação da área. É importante frisar que, neste caso, se fazem necessárias constantes atualizações, conforme os avanços das pesquisas em educação científica e tecnológica. Como atividade, outros levantamentos de concepções dos estudantes podem ser feitos durante o processo de ensino, complementando esta instância pedagógica e proporcionando mais legitimidade para os protagonistas do processo ao aproximá-los temporalmente e espacialmente dos problemas vivenciados localmente. Por sua vez, todo esse arsenal de concepções deve ser problematizado, para que o aluno desenvolva a consciência da necessidade de abordá-lo de outra forma.

O segundo momento, da Organização do Conhecimento, é contemplado pela historicização do conceito ou tema escolhido para ser ensinado. O objetivo é contextualizar historicamente situações da ciência que levam, em sua evolução, aos conceitos científicos que respondem às situações problematizadas. Concomitantemente à exposição histórica, discussões sobre o contexto social, cultural e científico que permitiram avanços e que também acarretaram em retrocessos, enriquecem a visualização do conhecimento tal como hoje são lidos nos manuais e são pelos professores abordados.¹⁹

É importante observar que não estamos situando as atividades de resolução de exercícios e problemas como momentos menos formadores do profissional em Física, mas que a estes devem ser acrescidos os momentos caracterizados pela reflexão sobre a ciência que está posta nos manuais e é ensinada pelos professores; e isto pode ser mais efetivo quando discussões a respeito dos limites e alcances dos conceitos em jogo estão presentes e quando ela é historicamente visualizada.

¹⁹Auxilium nesse empreendimento, os exemplares adotados nesse trabalho: CASSIDY, HOLTON, RUTHERFORD (2002) e FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS (2008).

Essa apresentação é contextualizada de acordo com a época em que Galileu vivia; dessa forma, as dificuldades encontradas pelo cientista podem ser compreendidas pelos estudantes:

A conclusão de Galileu de que todos os objetos caem com a mesma aceleração se a resistência do ar é negligenciada dependia de sua capacidade de imaginar como dois objetos cairiam se eles não estivessem sob a resistência do ar. Seu resultado parece simples hoje, quando sabemos sobre bombas de vácuo e o quase vácuo do espaço sideral, onde não há resistência do ar. Mas nos dias de Galileu um vácuo não poderia ser achado, e sua conclusão foi inicialmente muito difícil de aceitar. (ibid., p. 40)

Os autores também trazem para apreciação, experiências que apontam para o sucesso do pensamento galileano:

Alguns anos após a morte de Galileu, a invenção da bomba de vácuo permitiu que outros mostrassem que Galileu estava realmente certo! Em um experimento, uma pena e uma moeda de ouro pesado foram abandonadas da mesma altura ao mesmo tempo dentro de um recipiente quase vazio de ar. Com o efeito da resistência do ar eliminado, os diferentes corpos caíram exatamente a mesma taxa e atingiram o fundo do recipiente no mesmo instante. Séculos mais tarde, quando os astronautas da Apollo pousaram na Lua, eles realizaram um experimento famoso em que deixaram cair uma pena e um martelo (a moeda de ouro não estava disponível... ou foi considerado muito caro) simultaneamente a partir da mesma altura no vácuo do espaço sobre a superfície da Lua. Assim como Galileu teria previsto, a pena e o martelo bateram a superfície empoeirada da Lua

física” e merece ser investigado “de forma a provocar uma reflexão crítica por parte de professores, pesquisadores e autores de livros didáticos” (CARUSO, 2008, p. 7).

Contudo, a relação entre a física aristotélica e o senso comum dos estudantes não pode ser feita por simples analogia. Os conceitos de Aristóteles são sustentados em complexas teorizações que se descaracterizadas nos textos didáticos inibem “qualquer relacionamento entre este referencial e o senso comum do aluno” (PEDUZZI, 1996, p. 49). Segundo Koyré (1982, p. 185 *apud* PEDUZZI, 1996, p. 49):

A física de Aristóteles não é um amontoado de incoerências mas, pelo contrário, é uma teoria científica, altamente elaborada e perfeitamente coerente, que não só possui uma base filosófica muito profunda como está de acordo muito mais do que a de Galileu com o senso comum e a experiência quotidiana.

Para Silveira Junior e Arnoni (2013), tendo em consideração as intrincadas relações entre a visão de senso comum e os conceitos aristotélicos, estes, embora cientificamente superados, são de grande importância para o ensino da física (p. 3401-2). Afinal, intuições e pensamentos de senso comum não são fáceis de abandonar.

Nesse sentido, referindo-se à teoria aristotélica da queda dos corpos, Cassidy, Holton e Rutherford (2002) afirmam: “Isto soa muito razoável e, de fato, diferentes corpos caindo da mesma altura podem não chegar ao chão ao mesmo tempo” (p. 39).

No entanto, os autores prosseguem direcionando o raciocínio às concepções mais próximas da ciência moderna sugeridas por Galileu: “a diferença não é tão grande como predita por Aristóteles” e “Galileu atribuiu corretamente essa diferença ao efeito de resistência do ar sobre os corpos” (ibid., p. 39). Portanto, ele reconheceu que “na ausência da resistência do ar todos os objetos caem com a mesma aceleração”, ou seja, ele percebeu que “os efeitos da fricção e da resistência do ar, embora presentes em muitas experiências reais, deveriam ser negligenciados para que a característica mais importante da queda livre⁶⁸ seja evidenciada” (ibid., p. 39).

⁶⁸ A de que na ausência da resistência do ar todos os objetos caem com a mesma aceleração (ibid., p. 39).

No Terceiro Momento, da Aplicação do Conhecimento, situamos de um lado as concepções apresentadas²⁰ no Primeiro Momento (viabilizadas principalmente pelas publicações das revistas, congressos e teses da área), e de outro, o conhecimento apresentado, discutido e analisado no Segundo Momento. Isto deve ser feito por meio do que denominamos situações unificadoras, para as quais devem existir conceitos unificadores, ou seja, que estão presentes em distintas situações, mas que por conter algo em comum (alguma característica, significado ou simplesmente o nome) as unificam. Dessa forma, distintas situações podem ser trabalhadas em prol da identificação dos conceitos unificadores, cujo objetivo é analisá-los criticamente. Segundo Delizoicov e Angotti (1992, p. 22), eles “permitem perpassar as fronteiras rígidas impostas, sobretudo pelos livros didáticos, ao apresentarem os conteúdos de Física”.

Se, por exemplo, distintas situações são levantadas para análise, sem que haja elementos em comum para contraposição (os conceitos unificadores), essas situações escolhidas não são caracterizadas por situações unificadoras.

Esta seria uma forma de demonstrar que apesar das diferenças nos contextos e muitas vezes das questões dos cientistas e dos alunos, verificadas pela análise histórica, as situações cotidianas podem ser explicadas pelos conceitos obtidos em outras situações, unificando-as. Isto facilitaria a generalização das conceitualizações que devem ser aprendidas pelos estudantes, fazendo-os expandir os limites para os quais eles são comumente utilizados.

Com esta perspectiva, os autores a seguir afirmam:

A meta pretendida com este momento [da aplicação do conhecimento] é muito mais a de capacitar os alunos ao emprego dos conhecimentos, no intuito de formá-los para que articulem, constante e rotineiramente, a conceitualização científica com situações reais, do que simplesmente encontrar uma solução, ao empregar algoritmos matemáticos que relacionam grandezas ou resolver qualquer outro problema típico dos livros textos. (DELIZOICOV, ANGOTTI, PERNAMBUCO, 2011, p. 202).

²⁰O professor pode levar em consideração, também, aquelas que foram por ele levantadas pelo diálogo com seus alunos.

A síntese dessa proposta, que será utilizada para apreciação dos dados dessa pesquisa e das possíveis inferências, pode ser organizada como segue:

- 1) Primeiro Momento Pedagógico: problematizar situações reais, possivelmente conhecidas pelos alunos, via literatura²¹.
- 2) Segundo Momento Pedagógico: apresentar o conhecimento científico utilizando a história da ciência, discussões conceituais além dos métodos de resolução de problemas e de exercícios quantitativos em situações que possam ser estabelecidas para contraposição com as situações reais conhecidas pelos alunos. A Organização Específica Elaborada deve estender-se além da técnica para resolver problemas e questões, englobando também a tecnologia e a teoria referente à técnica (CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001).
- 3) Terceiro Momento: aplicação do conhecimento desenvolvido e discutido nas conjunturas oferecidas no Segundo Momento nas situações reais apresentadas no Primeiro Momento; essas situações devem se constituir como situações unificadoras, e devem abarcar elementos em comum – os conceitos unificadores – para que possam ser criticamente analisadas, comparadas e dissociadas.

Não obstante, essa proposta não pode se reduzir a uma simples estratégia de ensino. Mais do que isso, trata-se de uma prática didático-pedagógica fundamentada na problematização, na interação entre o saber de senso comum e o saber a ser ensinado, e da presença de elementos significativos dos alunos localizados em suas vidas cotidianas. Nesse sentido, Delizoicov e Munchen (2012, p. 212) afirmam:

.. é necessário ficar alerta quanto a um uso que reduz os 3MP a uma estratégia didática apenas, que estaticamente organiza as aulas de modo que o primeiro momento seja um simples pretexto e justificativa para se introduzir, no

²¹Estamos nos referindo às publicações sobre concepções de alunos e de professores encontradas principalmente nas revistas, congressos, dissertações e teses da área de educação científica e tecnológica.

ela não o tenha feito passar por um idiota, mas por um filósofo aristotélico sofisticado. Os dois outros personagens fictícios foram Salviati, que representou Galileu por ele mesmo, e Sagredo, um homem de boa vontade e mente aberta, ansioso para aprender. Eventualmente, é claro, Salviati leva Sagredo à visão de Galileu e longe das ideias aristotélicas de Simplicio. (ibid., p. 39)

O texto informa que os três personagens tratam do “difícil problema da queda dos corpos”, e que a visão de Aristóteles sobre esse assunto ainda domina naquela época. De acordo com Aristóteles cada um dos quatro elementos “pertence” a um lugar natural, e tem a tendência de retornar a esse lugar caso dele seja removido (ibid., p. 39). E dá como exemplo o lançamento de uma pedra para o ar, que retorna em linha reta para a terra.

Tendo a obra “Duas Novas Ciências” como sustentação para discussão do fenômeno da queda livre, a teoria de Aristóteles é apresentada pelos autores em contraposição às mudanças sugeridas por Galileu, demonstrando implicitamente que a linearidade encontrada nos manuais de Física é passível de um olhar crítico.

Quanto mais pesado for mais depressa irá cair, porque ele tem mais elemento “terra” nele, embora a resistência do ar o retarde um pouco. Assim, Simplicio argumenta no livro de Galileu que quando uma bala de canhão e um pássaro são abandonados simultaneamente de uma mesma altura, a bala de canhão vai bater no chão muito mais rapidamente do que a ave. (ibid., p. 39)

Nas últimas décadas algumas pesquisas indicaram que o senso comum dos indivíduos também sustentava a crença de que os objetos com distintas massas quando abandonadas de uma mesma altura caíam em tempos diferentes. Essa questão problematiza o ensino de Física na medida em que os alunos necessitam incorporar outra lógica inerente ao movimento de queda dos corpos. “A prevalência do senso comum em um fenômeno físico tão presente no cotidiano do aluno (...) constitui, em princípio, um grande entrave para qualquer projeto de ensino de

resultados efetivos de sua investigação.
(*ibid.*, p. 37-38)

Além disso, os autores citam detalhes da vida de Galileu e características de sua escrita, como exemplificamos a seguir:

Galileu estava velho, doente, e quase cego na época em que escreveu Duas Novas Ciências, com a qual apresentou o novo entendimento de aceleração e queda livre, e muitos outros temas considerando movimento. No entanto, como em todos os seus escritos, seu estilo é vívido e agradável. Ele também foi um dos poucos autores da época a escrever e publicar no vernáculo, que é em italiano, ao invés do erudito latim. Isso indicava que ele estava escrevendo tanto para o público italiano educado como para um círculo de especialistas acadêmicos. (*ibid.*, p. 38)

Todos esses aspectos referentes à origem dos estudos sobre queda livre que se aproximam das perspectivas atuais de ciência, ou seja, da matematização e da experimentação como embaixadores científicos necessários, podem fazer com que os estudantes visualizem o processo a partir de uma lógica contextualizada no momento histórico em que as questões, discussões e sugestões efetivamente aconteceram, levando à compreensão das razões que tornam compreensíveis as definições e os enunciados encontrados nos manuais.

Soma-se a essa abordagem, o formato de apresentação da obra de Galileu, denominada como *Duas Novas Ciências*:

Provavelmente influenciado pelas leituras dos diálogos de Platão, Galileu apresentou suas ideias em Duas Novas Ciências na forma de um diálogo, ou conversação, entre três oradores ficcionais. Um dos oradores, nomeado de Simplicio, representou a visão de Aristóteles. A proximidade de seu nome a “simplicíssimo”, “o mais simples” em italiano, certamente não foi acidente, embora

segundo, determinada conceituação científica e, no terceiro, a solução de exercícios e problemas.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISE DOS DADOS: PRAXEOLOGIA E A PRODUÇÃO DE FENÔMENOS DIDÁTICOS

3.1 SOBRE A INTRODUÇÃO AOS CAPÍTULOS DOS MANUAIS: COMO A CIÊNCIA É CARACTERIZADA?

O primeiro ponto a ser considerado, nas análises sobre a caracterização dos livros textos de física, trata das introduções que são encontradas em cada capítulo. São breves entradas aos temas que se figuram de uma maneira bastante sintética como a postagem de algumas vantagens de se conhecer aquele tema. No entanto, ao serem analisadas mais pormenorizadamente, elas são caracterizadas por indicar uma *função prática* dentro do campo ao qual pertencem. Vejamos como isso se sustenta, avaliando algumas das imersões iniciais aos temas conforme encontramos nos capítulos analisados.

Os capítulos do livro A iniciam os textos com a questão: “O que é Física?”, e respondem por meio de exemplificações enfatizando mais suas aplicações do que caracterizando-a como um saber estruturado baseado em uma lógica matematicamente e empiricamente fundamentada. As respostas envolvem termos como:

jogo de futebol; colisão de carro; Física aplicada ao esporte (500 milhas de Indianápolis); Movimento de avião; armas; chutar bola; salto de bungee jump; reconstituição de acidente de trânsito; salto de bailarina; montanha russa; vôo de águia; movimento de satélites; indústria da música (como CDs e DVDs); violão; Tecnologia digital.

Procuraremos contrastar nossos resultados com a expectativa que a TAD nos oferece com relação ao estudo de uma obra, trazendo para discussão outras pesquisas que de alguma forma podem ser relacionadas com os dados levantados.

Pudemos observar por meio de nossa análise que a introdução a cada Obra Física é feita primordialmente (90%) através da referência à ciência *aplicada* ou à *tecnologia*, em detrimentos da ciência *básica*, *pura* ou *fundamental*. Essa constatação é coerente com o que pode ser lido no livro A (2011, p. 166), no início do capítulo 8: “Uma das tarefas

para o item (a) aplica-se a equação 2-11; para o item (b) aplica-se a equação 2-16; e para o item (c) aplica-se a equação 2-15. Assim, tal como vem acontecendo com outros tópicos, após a inserção de tecnologias e técnicas na forma de definições, um exemplo de aplicação dessas tecnologias/técnicas é elaborado, fazendo com que elas sejam pontualmente executadas.

Essa estrutura didática não se repete nos livros de referência (ou saberes de referência). O estudo do tema “queda livre” tem uma longa história. Cassidy, Holton e Rutherford (2002) introduzem este estudo procurando relacioná-lo com as questões que dizem respeito à aceleração anteriormente postas, mas também fazendo inclusão de apontamentos históricos sobre o assunto: “Queda livre é um exemplo de aceleração. De fato, como você verá, é idealmente um exemplo de aceleração uniforme” (CASSIDY, HOLTON, RUTHERFORD, 2002, p. 37). Mas, afirmam os autores, “para entender tudo isso, e sem acesso às câmeras e flashes estroboscópicas dos dias modernos” adentremos no mundo de Galileu, “que viveu na Itália durante o final do século XVI e início do XVII” (ibid., p. 37).

O que fez Galileu diferente de muitos de seus antecessores, especialmente aqueles que seguiam Aristóteles, e permitiram seu avanço, foi sua descoberta de que a experimentação é o próprio caminho para investigar a natureza, e que a matemática é a própria linguagem para entender e descrever as leis da física. “O livro da natureza está escrito em caracteres [symbols] matemáticos”, disse uma vez Galileu. Ao invés de argumentos qualitativos, Galileu contou com uma investigação quantitativa de eventos físicos, assim como os físicos fazem hoje. Seguiremos seu raciocínio e descoberta porque ele foi aquele que lançou as bases para a ciência moderna do movimento. Sua visão da natureza, sua maneira de pensar, seu uso da matemática, e sua dependência de testes experimentais definiram o estilo para física moderna em geral. Estes aspectos de sua obra são tão importantes para a compreensão da física de hoje como são os

eliminados, como acontece no vácuo. Além disso, também *informa* que essa aceleração “g” varia muito pouco de acordo com a latitude e com a altitude, e que ela deve ser utilizada no livro com o valor de $9,8 \text{ m/s}^2$. Com relação a esse aspecto, há uma afirmação em destaque no texto (p. 26):

A aceleração em queda livre nas proximidades da superfície da Terra é $a = -g = -9,8 \text{ m/s}^2$ e o módulo da aceleração é $9,8 \text{ m/s}^2$. Não substitua g por $-9,8 \text{ m/s}^2$ (e sim por $9,8 \text{ m/s}^2$). (técnica II)

O enunciado (técnica II) é a introdução da noção de aceleração em queda livre por uma tecnologia, assim como as *informações* contidas no primeiro parágrafo. Os enunciados também permitem que certas questões ou problemas sejam resolvidos, em todo ou em parte, o que significa dizer que a tecnologia no contexto da Física também se refere à técnica para resolução de muitas questões da área.

A consideração de que na Física a tecnologia instaura também uma técnica para resolver certos exercícios pode ser constatada principalmente quando as próprias equações (tecnologias) são explanadas, ao mesmo tempo em que são utilizadas para resolver os problemas e, portanto, são concebidas como técnicas para se chegar a algumas respostas.

Na sequência do texto sobre aceleração em queda livre, os autores também observam que, sendo a aceleração constante, as equações da tabela 2-1 são válidas. E, por último, há definições com relação aos sinais que serão padronizados na resolução de exercícios: para baixo é negativo, tanto “g” quanto velocidades de partículas em queda; duas outras informações são dadas: na descida o módulo da velocidade cresce e no ponto mais alto de uma partícula que foi lançada para cima, a velocidade é zero. Há, nesse caso, tecnologias, como equações e enunciados, e também técnicas para analisar problemas e resolvê-los.

Diante dessas informações, um teste (Teste 5) é solicitado. Trata-se de um exercício do que foi definido no texto sobre os sinais da aceleração e do deslocamento de uma bola lançada para cima. Em seguida, um exemplo é resolvido; embora pareça ser distinto dos casos já apresentados em outros tópicos do livro, ele é idêntico se consideramos que nesse caso a diferença é que a aceleração é “g” e aponta para baixo; portanto, de acordo com a especificidade desse problema, para resolvê-lo, há necessidade das equações da tabela 2-1:

da física é identificar os diferentes tipos de energia que existem no mundo, especialmente os que têm utilidade prática”.

As introduções são feitas sob a imersão de projetos, concretizados ou almejados, cujas aplicações variam desde a compreensão de questões comumente encontradas nas disciplinas mais distantes da Física, em termos das conhecidas grandes áreas do CNPq, até a utilização em áreas mais próximas, como no caso das “interferências” tecnológicas provocadas pelas pesquisas em engenharia muito comuns nos dias atuais.

Por último, encontramos também indicações de uma Física utilitarista, aplicada no cotidiano para compreendê-lo ou para executar certas manobras práticas. Os autores citam situações envolvendo motoristas (LIVRO A, 2012, p. 13), jogadores (LIVRO A, 2012, p. 91), transporte de objetos (LIVRO A, 2012, p. 145), praticante de bungee jump (LIVRO A, 2012, p. 172), bailarina (LIVRO A, 2012, p. 207).

3.2 A INTRODUÇÃO EM UMA OBRA HUMANA: REFLEXÃO EM TORNO DA TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO (TAD)

Aquém dos problemas com relação à imagem de uma ciência que objetiva primordialmente a “aplicação”, outro aspecto que deve ser visto por meio de um olhar crítico, quando consideramos a Teoria Antropológica do Didático (TAD), é a presença de questões iniciais para as quais se justificam os esforços na procura de soluções. Tais questões não são explicitadas na introdução dos capítulos.

Segundo a TAD não se pode abordar o tema do ensino e da aprendizagem sem interrogar “o que é” e “para que serve” o conhecimento específico em questão. (CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 45).

Para a TAD, o estudo de toda obra deve começar com uma questão ou conjunto de questões que pode ser respondido por uma obra específica, procurando problematizar algum aspecto da realidade cotidiana, portanto, externa à própria obra, ou da prática interna da mesma (ibid., p. 123). Dentro dessa perspectiva, os autores afirmam: “Tudo que foi dito até aqui faz referência ao processo que começa no momento em que existe um projeto social de ensino (...), segundo o qual é necessário estudar certas *questões* e abordar certas *tarefas problemáticas*” (ibid., p. 147).

Além disso, para que se possa compreender determinada obra, os autores argumentam que é necessário entender as primeiras questões que

historicamente deram origem ao desenvolvimento da obra, pois elas podem dar um sentido às atividades humanas. A alegação é de que “o homem não cria obras gratuitamente: *as obras humanas respondem sempre a um conjunto de questões*, necessidades, embora essas possam ter sido perdidas ou esquecidas com os anos” (ibid., p. 117). Nesse sentido, eles afirmam que “para estudar ou ajudar a estudar uma obra (...), devemos começar identificando um tipo de questões para as quais a obra foi criada” (ibid., p. 126).

Porém, como isso é possível sem que o contexto da descoberta seja explorado no decurso da aprendizagem? Soma-se a isso, do ponto de vista da TAD, a demonstração de que é a partir das questões iniciais que se investigam as técnicas que podem dar conta de respondê-las e das tecnologias que as fundamentam. De outra forma, trata-se de uma “reorganização dos elementos técnicos, tecnológicos e teóricos que compõem cada obra com base nas questões a que esta responde” (ibid., p. 128).

Os autores afirmam que o desconhecimento das questões iniciais que deram origem à obra pode ser um impedimento para que os indivíduos consigam “entrar em uma obra”, pois, dessa forma, “o estudo fica limitado à aquisição de um domínio formal das técnicas e dos elementos tecnológicos que compõem tal obra” (ibid., p. 128). Com relação a esse ponto, eles afirmam: “Temos de reconhecer que essa é a situação na qual normalmente se encontram os alunos da escola fundamental e até alguns estudantes da Universidade” (ibid., p. 128).

Contudo, para que as questões iniciais tenham fertilidade no que tange à compreensão dos elementos que atualmente compõem a obra, se faz necessário um trabalho de incorporação, nas discussões e reflexões, da evolução histórica dos conceitos e dos problemas a que eles se referem, dentro de uma dinamicidade própria da ciência. Caso contrário, corre-se o risco de *atomizar tipos de problemas* (ibid., p. 134), o que significa que estes são apresentados isolados do desenvolvimento histórico que os fizeram avançar até os dias atuais.

Ademais, a *atomização do ensino* também se refere à inserção de determinados conteúdos isolados de outros mesmo em se tratando da mesma disciplina. Para os autores, é comum encontrar livros didáticos em que elaborações básicas são apresentadas como objetivos últimos e independentes dos demais (ibid., p. 146).

Em sintonia com a atomização a qual se refere a TAD, também os conceitos unificadores (ANGOTTI, 1991; 1993) minimizam a percepção de um conhecimento fragmentado dentro de uma disciplina ou entre distintas disciplinas. Esses conceitos permitem relacionar diversos

As equações 2-11 e 2-15 são combinadas para dedução de outras equações, com a vantagem de ter distintas relações entre incógnitas e dados para específicos problemas. As equações resultantes dessa combinação são⁶⁷: $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$; $x - x_0 = \frac{1}{2}(v_0 + v)t$; $x - x_0 = vt - \frac{1}{2}at^2$. Essas três equações mais as duas básicas, 2-11 e 2-15, são colocadas em uma tabela (nomeada como tabela 2-1) a fim de facilitar a utilização em problemas. Além disso, elas são postas com orientações complementares sobre como resolver problemas: “Escolha uma equação para a qual a única variável desconhecida é a variável pedida no problema. Um plano mais simples é memorizar apenas as equações 2-11 e 2-15 e montar com elas um sistema de equações, caso isso seja necessário”.

Na sequência, há um teste (Teste 4): várias equações de $x(t)$ são dadas para verificar quais satisfazem as equações da tabela 2-1. Um exemplo é desenvolvido logo a seguir, no qual é utilizada uma das equações anteriores, por duas vezes.

Este tópico é, portanto, introduzido com a inserção de gráficos representativos de movimentos com aceleração constante. Em seguida, utilizando equações conhecidas há deduções de outras equações, o que permite a compreensão das origens dessas novas equações. Nesse sentido, a tecnologia (as equações e o discurso que as acompanha) é parcialmente explicada para as novas equações. Ela é parcial porque não encontramos considerações a respeito dos motivos que fizeram com que cientistas percorressem esse caminho, o que pode levar ao entendimento de que se trata de um caminho arbitrário.

4.1.8 Mais sobre aceleração constante

O tópico 2-8 tem o título de “Mais sobre Aceleração Constante”. Nele, as equações 2-11 e 2-15 – as equações básicas do movimento com aceleração constante – são deduzidas a partir da integração da equação da aceleração, conforme foi definida pela equação 2-8, agora tendo a aceleração como uma constante.

4.1.9 Aceleração em Queda Livre

O tópico 2-9 sob o título de “Aceleração em Queda Livre” *informa* que todos os objetos, independentemente de sua massa, sofrem a mesma aceleração “constante para baixo” se os efeitos do ar forem

⁶⁷ Equações 2-16, 2-17, 2-18, respectivamente.

muda por segundo; esta quantidade é chamada de aceleração (FEYNMAN, 2008, p. 8-8).

De uma maneira mais formal, “a aceleração é definida como a taxa temporal de mudança de velocidade” (p. 8-8). Feynman utiliza-se de uma analogia para conceituar a aceleração como uma derivada: se a velocidade (variação espacial com relação ao tempo) é a derivada de s com relação a t , a aceleração (variação da velocidade com relação ao tempo) é a derivada de v com relação a t ; por dedução, a aceleração também pode ser a derivada segunda de s com relação a t .

A seguir, os autores de *Lectures on Physics* retornam ao problema resolvido da equação $s = At^3 + Bt + C$, para a partir dela deduzir uma equação para aceleração por derivação: $a = 6At$.

Esta trajetória didática dos livros de referência é mais consistente para compreensão do conceito de aceleração e das noções subjacentes quando comparada à trajetória didática do manual que está sendo analisado; este introduz o conceito por uma tecnologia (definição) e uma técnica (a equação) que permite resolver certos problemas; um exercício é resolvido a fim de exemplificar a utilização dessa técnica.

4.1.7 Aceleração Constante: um caso especial

O próximo tópico é “Aceleração Constante: um caso especial”. O texto se inicia observando que em muitos tipos de movimento, a aceleração é constante, e que nestes casos certos gráficos os representam (figura 2-8, apêndice 6, p.272).

As equações, nesse caso, podem ser reformuladas, sendo que agora, a aceleração média resulta em um mesmo valor numérico que a aceleração instantânea, ou simplesmente aceleração: $a_{méd} = a$. Assim, por manipulação das equações de movimento anteriores, determinam-se outras equações: $v = v_0 + at$ (equação 2-11; técnica 2-11); $x - x_0 = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ (equação 2-15; técnica 2-15), e é feita a afirmação: “As equações 2-11 e 2-15 são as equações básicas do movimento com aceleração constante”.

Entretanto, os autores deduzem outras equações para aceleração constante, e apontam para um procedimento de resolução de problemas ((apêndice 6, p.272).

elementos de distintas áreas, disciplinas ou mesmo entre noções cotidianas e conceitos científicos, facultando ou potencializando a percepção de problematizações.

O conhecimento que não é problematizado e é aceito de forma intuitiva acaba se constituindo como um obstáculo que pode entrar o conhecimento, sendo plenamente influenciado por hábitos intelectuais.²²

O conhecimento não problematizado e não confrontado dificilmente colabora com a construção do conhecimento pelo aluno, porque ele traz para sala de aula, uma cultura falha (BACHELARD, 1978a, b), tendo assim a necessidade de mudar de cultura, ultrapassando os obstáculos apreendidos desde a infância, primeiro com a família, com os colegas, depois na escola e com todos que ali por um bom tempo de suas vidas viveram, depois ainda – em se tratando da formação do professor – nos meios universitários, nos livros, nas concepções dos docentes, nem sempre esclarecedoras.

Tendo em vista o que foi posto, seria preciso criar sistemas didáticos capazes de permitir uma constante re-elaboração dos saberes em jogo a fim de responder certas indagações: “Um sistema didático se forma cada vez que algumas pessoas se deparam com uma questão cuja resposta não seja evidente e decidem *fazer algo* para resolvê-la” (CHEVALLARD, BOSCH, GASCÓN, 2001, p. 195).

Os sistemas didáticos, segundo os autores, são formados em torno de um tipo de problema: “A constituição de um tipo de problema e a de uma comunidade de estudo são acontecimentos simultâneos, que podem ser considerados como as duas faces de um mesmo processo: a formação de um sistema didático” (ibid., p. 197).

3.3 REFLEXÃO EM TORNO DE OUTRAS REFERÊNCIAS TEÓRICAS: “QUAL É O PROBLEMA?”

Recapitulando, Chevallard, Bosch e Gascón (2011) definem as construções humanas em geral como obras, sendo a matemática, por exemplo, uma *obra matemática*. Para “adentrar” na obra matemática, é

²² Bachelard afirma: Um obstáculo epistemológico se incrusta no conhecimento não questionado. Hábitos intelectuais que foram úteis e sadios podem, com o tempo, entrar a pesquisa. Bergson diz com justeza: “Nosso espírito tem a tendência irresistível de considerar como mais clara a idéia que costuma utilizar com frequência.” A idéia ganha assim uma clareza intrínseca abusiva. Com o uso, as idéias se *valorizam* indevidamente. Um valor em si opõe-se à circulação dos valores. É fator de inércia para o espírito. (BACHELARD, 2008a, p. 12)

preciso passar por toda uma iniciação ao estudo dessa obra, iniciação que ele chama de estudo ou didática da matemática. Segundo esses autores, *é preciso compreender bem quais as questões internas à obra*, assim como as técnicas, tecnologias e teorias correspondentes que permitem resolvê-las.

A formação da identidade profissional do professor de física vai além de sua constituição técnica e deve perfazer todo um conjunto de fatores ora relacionados às especificidades do físico enquanto pesquisador, ora do físico enquanto docente. Alguns autores argumentaram sobre a formação de hábitos de pensamento e de condutas práticas que satisfazem muitas vezes de maneira inconsciente, a vida dentro de um campo social específico, tal como o de uma determinada ciência.

No entanto, ao determinar uma técnica de resolução, e passar a trabalhar no que denomina como *momento do trabalho da técnica*, outras técnicas podem ser elaboradas a fim de resolver outros tipos de questões, permitindo o avanço na obra.

Poderíamos acrescentar que a independência nesse avanço no estudo da obra, estaria acontecendo na medida em que os estudantes adquirem condições de produzir questões didáticas (ou de estudo) por si mesmas.

Com essa expectativa, Gaston Bachelard (1996) argumenta que ao considerar as ciências, “todo conhecimento é resposta a uma pergunta” e que “se não há pergunta não pode haver conhecimento científico” (p. 18). Ele afirma também que “um obstáculo epistemológico se incrusta no conhecimento não questionado” (ibid., p.19) e que “um espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião (...) sobre questões que não sabemos formular com clareza” (ibid., p. 18). Indo mais além, Bachelard (1996) afirma:

Sem o equacionamento racional da experiência determinado pela formulação de um problema, sem o constante recurso a uma construção racional bem explícita, pode acabar surgindo uma espécie de *inconsciente do espírito científico* que, mais tarde, vai exigir uma lenta e difícil psicanálise para ser exorcizado. (BACHELARD, 1996, p. 51)

Ele afirma que um ensino de física sem a complexidade de seus verdadeiros problemas “desconhece o real sentido do espírito científico” (ibid., 50). Em consequência, afirma que “mais vale a ignorância total

eixo x , de modo que os declives dos segmentos de linha, $\Delta v/\Delta t$, são iguais à aceleração média, $a_{méd}$, como discutimos antes. Em outras palavras, o declive de qualquer parte de uma linha reta de um gráfico de rapidez [velocidade] instantânea versus tempo dá uma medida da aceleração média do objeto durante aquele intervalo de tempo. (ibid., p. 35-36)

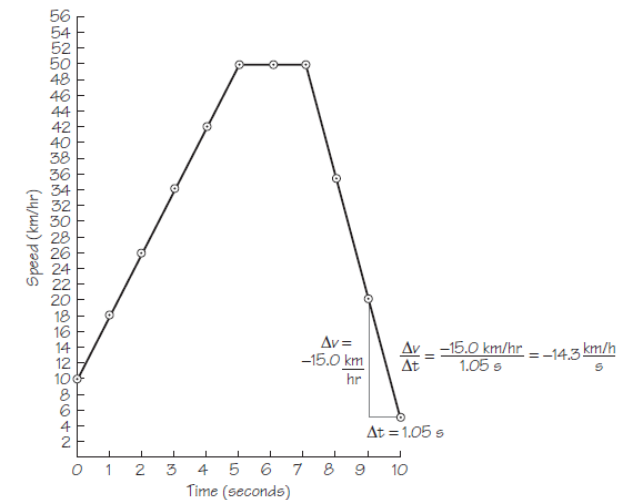


FIGURE 1.13 Speed vs. time graph.

(o gráfico está na p.36)

Em Feynman, a passagem do estudo dos espaços e velocidades para o estudo da aceleração é feita ao elucidar uma questão: “como a velocidade muda?” Ou seja,

O que devemos discutir agora é o próximo nível de complexidade, que é o quão rápido a velocidade está mudando. Em outras palavras, de quantos metros por segundo a velocidade muda em um segundo, isto é, quantos metros por segundo, por segundo? (...) queremos achar o quanto a velocidade

Assim como com a distância e o tempo, podemos obter uma “imagem” da rapidez durante este movimento global através da elaboração de um gráfico do movimento, com a rapidez instantânea (por ora negligenciando a direção) sobre o eixo vertical e o correspondente tempo no eixo horizontal. O resultado para este exemplo é mostrado na figura 1-13. Nós também ligamos os pontos por linhas retas. Mais uma vez, a inclinação das linhas tem um significado importante. Podemos ver que o gráfico inicia com 10 km/h no eixo v e sobe constantemente até 50 km/h em 5 s. Durante este tempo ele tinha aceleração positiva. Então o gráfico fica “plano”. À medida que o tempo aumenta a velocidade não muda. Não há nenhuma subida ou descida da linha, de modo que a aceleração é zero. Em seguida o gráfico começa a cair. A velocidade está mudando, mas a mudança em valores é descendente, de modo que o movimento envolve retardamento, sendo a aceleração negativa. A inclinação da linha e seus declives positivos ou negativos parecem indicar a quantidade de aceleração positiva ou negativa. Quando ela está na horizontal, a aceleração é zero. (ibid., p. 35)

Como você aprendeu anteriormente, podemos obter uma medida quantitativa da “inclinação” [steepness] de uma linha sobre o gráfico pela obtenção do “declive” [slope]. Lembre-se que o declive [slope] é definido como a mudança na coordenada y dividida pela mudança na coordenada x, declive $\equiv \Delta y / \Delta x$. [ver nota de rodapé⁶⁶]. Neste caso, v está ao longo do eixo y e t está ao longo do

do que um conhecimento esvaziado de seu princípio fundamental” (ibid., p. 50).

Para o enfrentamento desse inconsciente espiritual “é preciso reavivar a crítica e por o conhecimento em contato com as condições que lhe deram origem, voltar continuamente a esse ‘estado nascente’ que é o estado de vigor psíquico, ao momento em que a resposta saiu do problema” (ibid., p. 51). Bachelard argumenta que “o sentido do problema é característico do espírito científico” (ibid., p. 55) e que “se não há mistério, não há problema” (ibid., p. 100).

Shulman (2005) destaca alguns aspectos que julga fundamental na constituição de seu conceito de ensino, a saber, de que os alunos devem: aprender a compreender e a resolver problemas; aprender a pensar crítica e criativamente; aprender dados, princípios e normas de procedimento” (p. 10). Ele afirma que “um professor é membro de uma comunidade acadêmica. Deve compreender as estruturas da matéria ensinada, os princípios da organização conceitual, como também os princípios de indagação (...)” (ibid., p. 12, grifos nossos).

Honorato e Mion (2009) fizeram uma pesquisa sobre a forma como professores de ciências naturais de uma cidade do Estado do Paraná pensam e realizam suas práticas. O resultado aponta para um entendimento distorcido sobre essas atividades e demonstram que os professores não as vinculam a problematizações que devem ser respondidas, e trabalham com a perspectiva de ilustração da teoria científica, não permitindo que haja uma discussão aberta a respeito das questões que a originaram.

Contudo, Delizoicov (2001), ao argumentar pela necessidade de um ensino que contenha problematizações, inclusive a fenomenológica, demonstra a preocupação na desconsideração dos significados atribuídos a elas para os distintos agentes que podem constituir o processo formativo: o professor, o aluno e o pesquisador. Assim, o autor afirma:

Ainda que o ponto de partida possa ser o fenômeno, do qual decorrem a localização e formulação do problema, são essas próprias localização e formulação e a consistente possibilidade da solução científica do problema que só fazem sentido no interior da teoria que o soluciona e que, por pressuposto, ainda não é do conhecimento do aluno. (DELIZOICOV, 2001, p. 6)

⁶⁶ No texto está $\text{slope} \equiv \Delta y / \Delta x$.

A saída para esse impasse, segundo o autor, poderia ser a consideração de um ensino articulado com a história e a filosofia da ciência, “uma vez que se propiciaria a contextualização da origem, formulação e solução dos problemas mais relevantes que culminaram com a produção dos modelos e teorias” (ibid., p. 6-7). A problematização, dentro de um ensino sob o enfoque histórico e filosófico “teria o potencial de explicitar e explorar o significado histórico dos problemas junto aos estudantes e, talvez por isso, permitir-lhes a apreensão das soluções dadas e o respectivo conhecimento produzido” (ibid., p. 7).

Em síntese, argumenta-se por um ensino pautado em uma metodologia que se inicia por uma problematização inicial inerente ao saber em questão, portanto, historicamente contextualizado. Não obstante, sustentamos, embasados nos Três Momentos Pedagógicos, que a problematização de visões dos estudantes tem a vantagem de potencializar a aprendizagem do conhecimento científico. Os manuais de Física, em confronto com essa interpretação, não possuem estratégias que levam a algum tipo de problematização.

3.4 SOBRE GÊNEROS DE TAREFAS, TÉCNICAS, TECNOLOGIAS E TEORIAS NOS MANUAIS

3.4.1 Os Gêneros de Tarefas encontrados na leitura dos textos

Os textos são caracterizados pela apresentação de cálculos para resolução de certas questões ou problemas. Aponta-se que nos manuais os problemas da Física devem ser respondidos primordialmente por meio de cálculos; porém, em alguns casos, há utilização de gráficos, leis e descrições como formas racionais que também levam às respostas de determinadas questões.

Seguem-se alguns trechos dos manuais a fim de dar alguns exemplos de tipos de tarefas, que tem como gênero a aplicação da técnica de resolução de problemas por meio de equações, mas que também se faz uso de outras técnicas. O que é possível verificar em nosso levantamento é que em sua grande maioria, as tarefas são executadas ou postas para serem executadas através da técnica da utilização de equações, ou seja, através do cálculo ou do uso da matemática, muito embora este seja algumas vezes auxiliado por outras técnicas, como a da interpretação gráfica. São poucos os tópicos dos capítulos em que as equações não são consideradas para delinear uma “questão”.

Desde que Δ sempre significa o valor final menos o valor inicial, um resultado negativo para Δv significa que a rapidez final era menor que a rapidez inicial, de modo que o carro abrandou. Isto leva a um valor negativo para $\Delta v/\Delta t$. Uma vez que a velocidade decresce na mesma proporção nos três últimos segundos, isso significava aceleração uniforme negativa, ou seja, desaceleração. Se olharmos os vetores envolvido, o valor negativo da aceleração significa que o vetor aceleração é agora oposto ao vetor velocidade, não ajudando-o. Assim, os dois vetores apontam em direções opostas, como na figura 1-12. (ibid., p. 34-35)

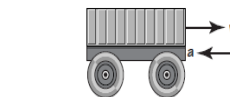


FIGURE 1.12 Cart traveling at v with acceleration opposite.

(ibid., p. 35)

[RESUMINDO]

Podemos resumir o que o carro fez durante este experimento inteiro?... Aqui está uma maneira de colocá-lo: Quando o experimento começa, o carro já estava andando a 10 km/h, e acelerou uniformemente até 50 km/h em 5 s com uma taxa média de 8 km/h/s (8 km/h em cada segundo). Os vetores aceleração e velocidade apontavam na mesma direção. Em seguida cruzou com essa velocidade por 2 s, de modo que a aceleração foi zero. Depois, ele freou uniformemente a uma taxa média de -15 km/h/s por 3 s, terminando com rapidez de 5 km/h. Os vetores aceleração e velocidade estavam apontando em direções opostas durante o retardamento do carro.

por um velocímetro em cada segundo (de 1 a 10 s); e os resultados de Δv , Δt e $\Delta v/\Delta t$ são analisados. As variações em determinado trecho (nos primeiros 5 s) indicam que a velocidade está aumentando com o tempo com uma taxa média, análise seguida das afirmações (ibid., p. 34):

Devido a sua importância para descrever mudanças na rapidez, à razão $\Delta v/\Delta t$ também foi dado um nome especial. É denominado de aceleração média em cada intervalo de tempo. Isto tem o símbolo $a_{méd} \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} = a_{méd}$.

Estes símbolos dizem em palavras: a mudança na velocidade de um objeto dividida pelo intervalo de tempo sobre o qual a mudança ocorre é definida como vetor da aceleração média. (ibid., p. 34)

Agora vamos para o sexto e o sétimo segundos. O que o carro está fazendo? A variação na velocidade é zero, então a razão de $\Delta v/\Delta t$ dá zero, enquanto a direção permanece inalterada. Isso significa que o carro parou? Não, significa que a aceleração (e não a velocidade) parou; em outras palavras, o carro parou de mudar sua velocidade por 2 s, de modo que a rapidez média (e a velocidade média) permaneceu constante. O carro andou por 2 s a 50 km/h. (ibid., p. 34)

Agora, o que aconteceu durante os 3 últimos segundos? Você pode descobrir por você mesmo, mas aqui está a resposta: o carro está se movendo com aceleração negativa. (Isso é algumas vezes chamado de “desaceleração”). Provavelmente o motorista coloca o pé no freio, desacelerando o carro até 5 km/h em 3 s. Como sabemos disso?

Para efeito de exemplificação, na tabela 7-2(A)²³ classificamos o texto didático sobre aceleração constante como tipo de tarefa cujo gênero “determinar” é realizado tendo como técnicas as equações e regras para o movimento em queda livre. É importante notar que este tipo de tarefa não foi classificado como “calcular” ou “cálculo” porque o estudo, conforme é apresentado no texto, foi elaborado não só apontando para equações, mas também para as regras envolvidas. Também na tabela 3-3(B)²⁴, cujo tipo de tarefa é a determinação do vetor aceleração média e instantânea, o gênero “determinar” indica que as acelerações serão determinadas através de equações e regras para verificação dos sentidos das mesmas. É o caso também da tabela 5-3(D)²⁵ – “cálculo da aceleração média e instantânea” –, 5-7(A)²⁶ – “Estudo do Trabalho realizado para levantar e abaixar um objeto” –, 6-7(A)²⁷ – “Estudo do Trabalho realizado por uma força elástica” –, 8-22(A)²⁸ – “Estudo de uma carga pontual em um campo elétrico” –, 2-28(A)²⁹ – “Estudo do campo magnético” entre outros. *Ou seja, o gênero de tarefa “determinar” aponta para todos aqueles que requerem, em suas resoluções, além das equações, também gráficos ou regras.*

As tabelas 4-38(A)³⁰ – “Estudo da luz como onda de probabilidade” –, 5-38(A)³¹ – “Estudo do raciocínio de Louis de Broglie” – indicam que esses estudos são feitos por meio de enunciados e descrições, não sendo utilizadas equações. *Por conseguinte, o gênero de tarefas “Estudar” aponta para aqueles que não necessitam de equações para suas soluções.*

As tabelas (Apêndice 2) indicam que em muitos casos as equações são auxiliadas por outras técnicas para o estudo ou determinação de algum elemento da Física. O fato é que a presença do gênero “calcular” é muito grande, e não há como negar que ele pode ser perseguido em todos os campos de estudo da Física, podendo dificultar inclusive a visualização dos fenômenos naturais através de outras técnicas, inviabilizando uma leitura fenomenológica mais completa.

²³ Na p.125 do apêndice 2.

²⁴ Na página 138 do apêndice 2.

²⁵ Na página 158 do apêndice 2.

²⁶ Na página 170 do apêndice 2.

²⁷ Na página 170 do apêndice 2.

²⁸ Na página 201 do apêndice 2.

²⁹ Na página 203 do apêndice 2.

³⁰ Na página 214 do apêndice 2.

³¹ Na página 214 do apêndice 2.

3.5 SOBRE A ANÁLISE PRAXEOLÓGICA

3.5.1 Tipos de Tarefas

Foram encontrados basicamente três gêneros de tarefas: calcular, determinar e estudar, a partir dos quais procuramos classificar os tipos de tarefas (dispostos nas tabelas – Apêndice 2). No entanto, nessa pesquisa, nosso foco centra-se no gênero e não no tipo de tarefa, pois o objetivo é caracterizar os tipos de ações e pensamentos que envolvem o campo institucional da Física. Portanto, embora nas tabelas sejam encontrados “tipos de tarefas”, são os “gêneros de tarefas” que serão analisados e levados para reflexões no decorrer da tese.

3.5.2 Técnicas

A análise praxeológica dos manuais indica que 87,7% das tarefas identificadas nos textos e 90% dos problemas resolvidos (os exemplos) se utilizaram de equações para alcançar as respostas desejadas. As equações são elaborações matemáticas capazes de promover cálculos a fim de responder muitas questões não somente no campo da Física, mas de várias outras áreas científicas; são, portanto, *técnicas* que permitem objetivamente a obtenção de respostas pontuais.

Por exemplo, a tabela 3-2(A)³² mostra que o conceito de velocidade escalar média é exposto por meio do gênero de tarefas “calcular”, apontando para um tipo de tarefa que denominamos como “cálculo de velocidade escalar média”. Para que seja possível este cálculo e, portanto, a resolução deste tipo de tarefa, o texto define o conceito através de sua equação, sendo esta, portanto, a técnica que permite se chegar a uma resposta. Ao adquirir a técnica de resolução do tipo de tarefa, há um exemplo no qual essa técnica, tal como um algoritmo, é colocada para funcionar e gerar a resposta.

Analogamente, no “estudo da segunda lei de Newton”, cujas características são demonstradas na tabela 4-5(A)³³, a técnica para o estudo de fenômenos através dessa lei é exposta por meio de sua equação. Em seguida, um exemplo de resolução de problemas utilizada essa equação para distintas situações cotidianas; ou seja, tal como o exemplo anterior, “roda” a equação para gerar respostas.

³² Na página 123 do apêndice 2.

³³ Na página 163 do apêndice 2.

Em seguida os autores informam que a aceleração pode ser expressa em unidades g ($9,8 \text{ m/s}^2$) e fazem uma breve explicação sobre as linguagens utilizadas no cotidiano e na ciência sobre os valores positivos ou negativos da aceleração, levando a seguinte afirmação, feita com destaque no livro: “a forma apropriada de interpretar os sinais é a seguinte”:

Se os sinais da velocidade e da aceleração de uma partícula são iguais, a velocidade escalar da partícula aumenta. Se os sinais são opostos, a velocidade escalar diminui. (técnica I)

O teste 3 parece ter unicamente a função de exercitar a definição anterior, pois é uma questão para cujas respostas são necessárias apenas as definições dos sinais anteriormente postas (utilização da técnica I).

Um exemplo de aplicação das definições de velocidade e aceleração pelas derivadas é feito posteriormente: dada uma equação de $x(t)$, ache a função da velocidade $v(t)$ e função aceleração $a(t)$ de uma partícula – item (a). No item (b) do exemplo, pede-se o tempo (t) para velocidade igual a zero, cuja resolução é uma simples substituição de $v = 0$ na equação para velocidade determinada no item (a). O item (c) é um exercício mais qualitativo, pois pede-se a descrição do movimento para $t \geq 0$; como para $v = 0$, $t = \pm 3s$ (resultado do item (b)), é só considerar as regras de sinais definidas anteriormente e substituir nas equações de $x(t)$, $v(t)$ e $a(t)$, os seguintes valores de t para análise: $t = 0$; $0 < t < 3s$; $t = 3s$; $t > 3s$.

Em síntese, parte-se da definição de aceleração e deduz-se sua forma em termos de derivadas, para, com o auxílio da técnica I (regra de sinais) permitir a resolução de exercícios. Não há, portanto, uma discussão qualitativa prévia que leva ao conceito de aceleração tal como definida, dando possibilidades de elaborações pessoais sobre sua construção. Fazendo referência à TAD, o conceito de aceleração é introduzido por uma tecnologia (definição) e uma técnica para resolução de problemas; em seguida há uma exemplificação de aplicação.

Em *Understanding Physics* o tema que envolve a aceleração é introduzido tendo claramente uma questão para ser respondida: “Como podemos examinar mudança na rapidez de um instante a outro? Até agora, falamos apenas sobre rapidez *média* sobre um intervalo de tempo” (CASSIDY, HOLTON, RUTHERFORD, 2002, p. 32). A seguir, uma tabela é construída com valores de velocidades instantâneas dados

para ds . Nos dois casos, os termos estão definindo que a variação é muito pequena, podendo ficar da seguinte forma: $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}$. Assim, é introduzida a noção de derivada pela quantidade ds/dt (derivada de s em relação a t). Além disso, os autores se preocupam em demonstrar como essa linguagem é utilizada na física:

Os dss e dts que aparecem separadamente são chamados de *diferenciais*. Para você se familiarizar com as palavras, dizemos que achamos a derivada da função $4,9t^2$, ou a derivada (em relação a t) de $4,9t^2$ é $9,8t$. Quando nos acostumamos com as palavras, as idéias são mais facilmente entendidas. (p. 8-6)

Também é feita outra demonstração para casos mais complexos, ou genéricos, como apresentado pela equação: $s = At^3 + Bt + C$. Para achar a velocidade em qualquer tempo, os autores consideram o tempo $t + \Delta t$ para o qual existe algum $s + \Delta s$. Manipulando a equação e considerando que $\Delta t \rightarrow 0$, o resultado é $\frac{ds}{dt} = 3At^2 + B$. Essa equação pode ser obtida ao derivar a equação de s com relação a t , observação que pode ser didaticamente positiva para o estudante para compreensão do que significa a derivada no estudo da física.

4.1.6 Aceleração

O próximo tópico é “**aceleração**”, termo definido pela **aceleração média**, $a_{méd} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ (equação 2-7; técnica 2-7), e pela **aceleração instantânea**, $a = \frac{dv}{dt}$ (equação 2-8; técnica 2-8), ou seja, a taxa com a qual a velocidade varia em determinado instante. Além dessa definição, o texto também indica que a aceleração é a inclinação da curva de $v(t)$ em um dado ponto.

Da equação 2-8 e 2-4, os autores deduzem $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dt} \right) = \frac{d^2x}{dt^2}$, ou seja, a aceleração como derivada segunda do espaço em função do tempo. A seguir, há uma análise qualitativa dos gráficos do exemplo anterior, abordando os graus de inclinação nos gráficos de $x(t)$ e $v(t)$.

No tipo de tarefa “calcule a dilatação térmica dos materiais”, exposto na tabela 6-18(A)³⁴, também algumas equações são definidas como técnicas que permitem resolvê-la e, em seguida, algumas delas são utilizadas para “rodar”.

De forma geral, os manuais mantêm essa estrutura dinâmica, com relação às equações como técnicas de resolução de problemas, na exposição da Física.

Com relação à utilização de gráficos para obtenção das respostas procuradas, foi encontrada a porcentagem de 18,4% das tarefas nos textos e 31,2% nos problemas resolvidos.

Como exemplo do uso de gráficos como estratégia para resolução de problemas, tomemos como exemplo o caso do tipo de tarefa “calcule a velocidade por integração”, caracterizada na tabela 8-2(A)³⁵. É demonstrado que a área de um gráfico leva a obtenção da resposta. Em seguida, o cálculo da área é efetuado para o caso um problema com ênfase no cotidiano.

Por último, as tarefas cujas soluções foram buscadas em definições, regras ou enunciados, sem que equações fossem necessárias, somam 32,4% nos textos e 25,3% nos exemplos fornecidos.

Um exemplo é a Primeira Lei de Newton – Tabela 1-5(A)³⁶ –, que tem no enunciado a própria técnica para resolver certas questões. Assim, quando é feita uma discussão sobre as variadas distâncias percorridas por um disco em diferentes superfícies, os autores procuram explicar a experiência utilizando-se do próprio enunciado dessa Lei.

Um segundo exemplo deste tipo de tarefa é “calcule a força resultante”, disposto na tabela 2-5(A)³⁷, cuja solução é buscada nas regras das somas vetoriais, sendo estas as técnicas utilizadas para obtenção das respostas.

O estudo da terceira Lei de Newton, conforme demonstra a tabela 8-5(A)³⁸, também pode ser caracterizado por conter como técnica para resolução de questões um enunciado. Assim, um problema envolvendo o movimento de dois blocos, um pendente e outro deslizando, ligados por uma corda é compreendido ao elucidar a dinâmica dessa Lei.

O estudo do princípio da equivalência também é um tipo de tarefa cuja técnica para resolução de certas questões é um enunciado. Assim,

³⁴ Na página 193 do apêndice 2.

³⁵ Na página 126 do apêndice 2.

³⁶ Na página 162 do apêndice 2.

³⁷ Na página 162 do apêndice 2.

³⁸ Na página 164 do apêndice 2.

na descrição, aspecto inerente à tecnologia (nos termos chevallardianos), há exposição de uma conhecida experiência mental de um físico dentro de um compartimento acelerado, cuja explicação deve-se ao enunciado do princípio da equivalência.

As tabelas 1-16(A) e 2-16(A)³⁹ também mostram tipos de tarefas, desta vez com relação ao estudo de ondas, cujas técnicas para resolução de questões podem ser caracterizadas como enunciados.

Em síntese, há vários outros tipos de tarefas que contemplam as três técnicas de resolução de problemas anteriormente expostas. Em com relação às tecnologias? Ou seja, que tipos de tecnologias as tabelas levantadas contemplam?

3.5.3 Tecnologias

Conforme os dados do apêndice 2 (p. 218), as técnicas são fundamentadas da seguinte forma: 55,9% através de definições, 42,5% através de descrições, 38% fazem deduções lógicas partindo de outras equações e apenas 0,6% tem algum discurso complementar, tal como a contextualização histórica.

As definições são caracterizadas preponderantemente por entradas abruptas a partir das quais há todo um desenvolvimento matemático e conceitual que permitem resolver certas questões. Quando as definições são as próprias equações, ou seja, as próprias técnicas utilizadas para resolver problemas, é comum a dedução de outras equações; e isso é feito muitas vezes com o auxílio conceitual dos elementos constituintes do tema abordado.

Por exemplo, partindo de uma situação envolvendo a Segunda Lei de Newton, cuja tecnologia é uma definição, e uma equação da cinemática para velocidade com a aceleração constante, é deduzida outra equação, a do trabalho realizado por uma força. Esta dinâmica é caracterizada por meio da tabela 3-7(A)⁴⁰.

Outro exemplo simples é a dedução da equação para aceleração gravitacional, partindo da equação da gravitação newtoniana e da equação que corresponde à Segunda Lei de Newton [vide tabela 3-13(A), p.181].

As descrições como tecnologias podem ser caracterizadas por exposições com o objetivo de levar a determinadas equações [como

³⁹ Ambas na página 186 do apêndice 2.

⁴⁰ Na página 169 do apêndice 2.

feito cada vez menor na expressão x/ϵ , ou

$$v = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{x}{\epsilon}. \quad (\text{p.8-5})$$

A seguir, os autores argumentam que o caso da senhora mencionado no texto, trata-se da ideia de velocidade instantânea, tal como requer o cálculo da velocidade por meio do limite, como mostra a equação para v .

Essa discussão didática sobre o conceito de velocidade instantânea permite compreender melhor os elementos envolvidos nas definições e enunciados, pois não os insere axiomáticamente como tecnologias e técnicas com os quais é possível resolver determinados problemas, tal como ocorre no manual analisado.

A seguir, apresentamos como a concepção de velocidade como uma derivada é discutida pelos autores dos exemplares adotados, contrapondo novamente com o manual, que a introduz, como vimos, por meio de uma definição (uma tecnologia): a equação $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$.

4.1.5.1 Velocidade como uma derivada

Já apontamos que no texto *Understand Physics*, os autores chamaram a atenção para o fato dos símbolos Δs e Δt não terem o caráter de uma multiplicação, sendo Δ o sinal de que o termo que o acompanha está variando. Da mesma forma, no *Lectures on Physics* também é encontrado esse cuidado com a simbologia: “O prefixo Δ não é um multiplicador (...) – ele simplesmente define um incremento no tempo [ou em qualquer outra noção física], e nos lembra de seu caráter especial” (p. 8-5). Sendo assim, é preciso tomar certos cuidados na manipulação das equações até que sua identificação seja feita de forma automatizada. Por exemplo, “já que Δ não é um fator, ele não pode ser cancelado na razão $\Delta s/\Delta t$ para dar s/t ” (p. 8-5). Portanto, é preciso que seja considerada a razão $\Delta s/\Delta t$, tomando-se o limite para Δt tendendo a zero, o que resulta na equação $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$, que é a mesma equação já demonstrada $v = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{x}{\epsilon}$; no entanto, como afirmam os autores, esse formato tem a vantagem de indicar que algo está mudando, permitindo monitorá-lo.

Se, no entanto, a mudança no tempo (Δt) é tão pequena tal que a velocidade permaneça com um mesmo valor, ou seja, uma constante, os físicos a modificam por dt , e analogamente também Δs é modificada

Dividimos a distância pelo tempo, e isto nos dá a velocidade. Mas o tempo tem de ser o mais curto possível, quanto mais curto melhor, porque alguma mudança pode acontecer durante este tempo. (...) com objetivo de obter a velocidade cada vez mais precisa, deveríamos tomar intervalos de tempo cada vez menores. (...). Essa é uma resposta satisfatória para a senhora, ou melhor, essa é a definição que vamos usar.

A definição anterior envolve uma nova idéia, uma idéia que não estava disponível para os gregos de uma forma geral. Essa idéia era pegar uma distância infinitesimal e o tempo infinitesimal correspondente, fazer a razão, e ver o que acontece com a razão conforme o tempo que usamos se torna cada vez menor. Em outras palavras, tomar o limite da distância percorrida dividida pelo tempo necessário, conforme o tempo se torna cada vez menor e menor, ad infinitum. Essa idéia foi inventada por Newton e por Leibnitz, independentemente, e é o começo de um novo ramo da matemática, chamado de cálculo diferencial. O cálculo foi inventado com o objetivo de descrever o movimento, e a sua primeira aplicação foi no problema de definir o que significa ir a “100 quilômetros por hora”. (p. 8-4)

Vamos tentar definir velocidade um pouco melhor. Suponha que em um curto período de tempo, ε , o carro ou outro corpo anda uma pequena distância x ; então a velocidade, v , é definida como $v = \frac{x}{\varepsilon}$, uma aproximação que se torna melhor e melhor conforme ε é tomado menor e menor. Se uma expressão matemática é pretendida, podemos dizer que a velocidade é igual ao limite conforme ε é

mostra a tabela 7-13(A)⁴¹, com relação ao “Estudo da relação entre variação da energia potencial gravitacional e trabalho”], ou a determinados enunciados [tal como mostra a tabela 12-13(A)⁴², com relação ao “Estudo do Princípio da Equivalência”].

3.5.4 Teorias

Nas obras analisadas, a fundamentação TEÓRICA para as tecnologias não é explorada explicitamente, ao contrário, ela está esparsamente distribuída entre os tópicos e muitas vezes entre os capítulos.

3.6 REFLEXÃO EM TORNO DA TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO (TAD)

Como já mencionamos, a praxeologia chevallardiana em sua forma completa deve conter tipos de tarefas, técnicas, tecnologias e teorias. Algumas análises sobre a forma com que esses elementos ou fases são ou não contemplados, podem indicar certas inferências e dar significados ao que tem sido levantado nas pesquisas em educação científica.

Os manuais analisados contêm, em sua maior parte, o desenvolvimento de técnicas de resolução de problemas na forma de equações e, portanto, de cálculos matemáticos, e tecnologias, fundamentadoras dessas técnicas, na forma de definições, enunciados e deduções. Esse formato didático indica a instalação do gênero de tarefas que pode ser caracterizado através do verbo “calcular”, cuja ação requer o cálculo de equações.

Assim, por exemplo, quando o tipo de tarefa é calcular a segunda lei de Newton – conforme tab4-5(A)⁴³ – o estudo tem como decorrência a exposição da equação que a representa, que é utilizada como técnica para calcular algum dos elementos que a compõem. A tecnologia, neste caso, explanada na forma de uma definição, é exposta em palavras e por meio de uma elaboração matemática. Seguem-se alguns fatores que dizem respeito à sua aplicação junto de exemplificações de atividades cotidianas.

Da mesma forma, como segundo exemplo, citamos o tipo de

⁴¹ Na página 183 do apêndice 2.

⁴² Na página 185 do apêndice 2.

⁴³ Na página 163 do apêndice 2.

tarefa “estudar a força de arrasto e a velocidade terminal” – conforme tab2-6(A)⁴⁴ – que também têm como resultado técnico equações para cada concepção e definições como tecnologia.

O mesmo raciocínio pode ser atribuído para muitos outros tipos de tarefa encontrados nos manuais. Todos eles definem equações como técnicas para resolução de tipos de tarefas específicos.

As equações são utilizadas como técnica para resolução da grande maioria dos tipos de tarefas; no entanto, remetendo às tecnologias que as justificam, elas nem sempre são introduzidas por simples definições, mas algumas vezes há discursos que as acompanham, tais como descrições de situações cotidianas ou empíricas e deduções matemáticas que partem de definições prévias de outras equações e enunciados. Assim, há casos em que para resolver determinados problemas, às equações somam-se outros elementos técnicos, como as regras vetoriais, os sinais algébricos, os enunciados e os gráficos. É o caso dos gêneros de tarefa denominados pelo verbo “determinar”: partículas com aceleração constante – tab6-2(A)⁴⁵ –, velocidade instantânea em três dimensões – tab4-4(A)⁴⁶ –, velocidade média – tab2-2(B)⁴⁷ –, velocidade instantânea – tab4-2(C)⁴⁸ –, Primeira Lei da Termodinâmica e casos especiais – tab13-18(A)⁴⁹ – entre outros.

Como terceiro gênero de tarefas identificado na análise dos manuais, citamos o gênero “estudos”, caracterizado por não conter equações. O que significa que os tipos de tarefa a que eles estão vinculados necessitam apenas das definições na forma de enunciados, tais como as regras de sinais ou proposições (como a Primeira Lei de Newton) para que sejam resolvidos. É o caso do Estudo do Princípio de Superposição de Ondas – tab10-16(A)⁵⁰ –, ou do Estudo dos Limites de Temperatura – tab1-18(A)⁵¹ –, ou do Estudo da Posição – tab1-2(C)⁵² entre outros.

Desse modo, de forma geral, os manuais expõem tecnologias que podem ser caracterizadas como definições, descrições e deduções

⁴⁴ Na página 166 do apêndice 2.

⁴⁵ Na página 125 do apêndice 2.

⁴⁶ Na página 128 do apêndice 2.

⁴⁷ Na página 132 do apêndice 2.

⁴⁸ Na página 142 do apêndice 2.

⁴⁹ Na página 196 do apêndice 2.

⁵⁰ Na página 189 do apêndice 2.

⁵¹ Na página 192 do apêndice 2.

⁵² Na página 141 do apêndice 2.

modo não iria andar 100 quilômetros”. (...). Assim precisamos definir melhor velocidade. O que deve ser mantido o mesmo? A senhora pode também argumentar desta maneira: “Se eu continuasse indo da maneira como estava por mais uma hora, eu entraria naquele muro no final da rua!”. Não é fácil falar o que queremos dizer. (FEYNMAN, p. 8-3)

Os autores também apontam para características do conhecimento muitas vezes buscadas por físicos e que também requer certos cuidados, como é o caso da procura por medidas por meio de instrumentos⁶⁵; um exemplo é dado, o velocímetro.

A “discussão” sobre o excesso de velocidade entre o policial e a senhora continua em direção à elaboração do conceito de velocidade instantânea, que pode ser verificada pelo velocímetro. O velocímetro “tem o objetivo de medir uma ideia” (p. 8-3 – 8-4).

Então vamos ver se conseguimos obter uma melhor definição de idéia. Dizemos, “Sim, obviamente, antes de você andar uma hora, bateria naquele muro, mas se andasse um segundo, iria percorrer 27,8 metros; senhora, você estava indo a 27,8 metros por segundo, e se continuasse indo, o próximo segundo seriam mais 27,8 metros, e o muro no final está mais longe do que isto”.

Agora parece que estamos no caminho certo; é algo mais ou menos assim: se a senhora continuasse a andar por outro 1/1.000 de hora, ela andaria 1/1.000 de 100 quilômetros. Em outras palavras, ela não tem que continuar andando por toda uma hora; o ponto é que por um momento ela está andando com essa velocidade.

⁶⁵ Muitos físicos pensam que a medida é a única definição de qualquer coisa. (Ibid., p. 8-3)

O que está errado com isto? É que uma quantidade finita de tempo pode ser dividida em uma infinidade de pedaços, assim como o comprimento de uma linha pode ser dividido em um infinito número de pedaços pela sua repetida divisão por dois. E assim, apesar de existirem um número infinito de passos (no argumento) para o ponto no qual Aquiles alcança a tartaruga, não significa que existe uma quantidade infinita de tempo. Podemos ver por esse exemplo que existem algumas sutilezas ao argumentar sobre velocidade.

Além dessa, os autores observam que há outras sutilezas no estudo do conceito de velocidade:

Quando uma senhora em seu carro é parada por um policial, o policial vem até ela e diz, “Senhora, você estava andando a 100 quilômetros por hora!” Ela diz, “Isto é impossível, senhor, eu estava viajando por apenas sete minutos. Isto é ridículo - como eu posso andar 100 quilômetros em uma hora quando eu não andei uma hora?” Como responderia para ela se você fosse o policial? Obviamente, se você realmente fosse o policial, então nenhuma sutileza estaria envolvida; é muito simples: você diria, “Diga isto ao juiz!” Mas vamos supor que não temos essa escapatória e fazemos um ataque mais intelectual e honesto ao problema, e tentamos explicar para a senhora o que queremos dizer com a idéia de que ela estava indo a 100 quilômetros por hora. (...). Dizemos, “O que queremos dizer, senhora, é isto: se você continuasse indo da mesma maneira como estava indo agora, na próxima hora andaria 100 quilômetros”. Ela poderia dizer, “Bem, meu pé estava fora do acelerador e o carro estava ficando cada vez mais devagar, então se eu continuasse deste

matemáticas, que implicam técnicas na forma de equações, gráficos ou enunciados, e que resolvem os tipos de tarefas propostos. Contudo, argumentamos que as tecnologias não são devidamente fundamentadas, não permitindo que as razões das definições e descrições sejam compreendidas.

Somente no caso em que partindo de equações conhecidas há deduções de outras equações matemáticas estas podem ser inteligíveis porque, partindo de prévias definições, às quais não são questionadas, as deduções são feitas primordialmente pelo uso de manipulações matemáticas, demonstrando assim de onde vieram. Isso acontece com muitas obras que, partindo de certos princípios, prendem a atenção para a complexidade matemática, não permitindo que se compreenda a realidade física dos resultados ou mesmo do processo em si (YAMAZAKI, 1998).

Outrossim, quando os motivos que levaram aos quadros científicos da atualidade não são especificados, pode haver desde incompreensão até todo tipo de distorções teóricas e epistemológicas. Assim, ao se verem impossibilitados de compreender os elementos conceituais que se lhes apresentam, os alunos podem ser levados ao emprego do recurso da memorização, que apontam para as técnicas de resolução de problemas embasados nos limites que as tecnologias impõem.

Em termos chevallardianos, estamos nos referindo às teorias, aos elementos conceituais e históricos que justificam as tecnologias. Dentre estes, estão as questões que fizeram com que coletivos de indivíduos se voltassem para elaborar estruturas teórico-experimentais que pudessem respondê-las. Nesse sentido, as grandes discussões conhecidas no âmbito da história da ciência e da sociologia, os conflitos de ordem teórica e ideológica, as controvérsias científicas e as razões lógico-conceituais ou matemáticas (dependendo da época histórica em que elas aconteceram) são questões que devem ser inseridas no ensino da ciência com a finalidade de dar justificativas para as tecnologias que hoje são encontradas nas instituições científicas.

Com essa perspectiva com relação ao ensino de matemática, Chevallard, Bosch e Gascón (2001) afirmam:

Os problemas escolares tendem a ser apresentados, efetivamente, como enunciados perfeitamente elaborados, cujos textos costumam esconder a problemática que lhes deu origem. Isso acontece a tal ponto que poderíamos falar de um

autêntico “desaparecimento” das questões ou das tarefas reais que originaram as obras matemáticas estudadas na escola. (p. 130)

Ao não clarificar as razões que deram origem à obra científica, os alunos podem criar a ilusão de que aqueles que a elaboraram (e outros que atualmente elaboram) são necessariamente dotados de certa genialidade e intelectualmente diferenciados dos demais, tornando-os capazes tanto de perceber questões como de construir respostas pontuais.

Dessa forma, as pesquisas que têm sido publicadas na literatura da área da Educação Científica nas últimas décadas podem ser explicadas se consideramos esses aspectos que Chevallard, Bosch e Gascón (2001) denominam como *fenômenos didáticos* resultantes de uma *didática tradicional*.

Além disso, outras esferas da sociedade que não os estabelecimentos escolares, os departamentos universitários ou os setores acadêmicos também têm colaborado para que a imagem do cientista no imaginário do estudante seja distorcida, inclusive após os estudos institucionalizados. O estereótipo do cientista é formado por várias instâncias sociais, passando pela mídia cinematográfica (BARCA, 2005; TOMAZI *et al.*, 2009), pela televisão, internet, pela veiculação publicitária e jornalística, enfim, pela indústria do entretenimento (SIQUEIRA, 2006).

Esta tendência estereotipada do pensamento sobre a imagem do cientista é um aspecto inerente a um imaginário coletivo que os cursos superiores de formação científica não têm se preocupado em desconstruir. Percebe-se que os próprios manuais de formação básica em Física não se apresentam contextualizados para um debate deste tipo.

Diante das diversas caracterizações dadas aos cientistas – herói, aventureiro, alopado, divertido, mágico ou ilusionista – Barca (2005) argumenta que essa imagem de cientista é praticamente a mesma em diversas partes do mundo.

Congruente com esse argumento, da presença de uma imagem estereotipada do cientista no estudante, Tomazi *et al.* (2009) citam outros estudos em cujas conclusões o cientista é imaginado como “muito inteligente, velho, louco, cabeludo e despenteado, cujo principal local de trabalho é o laboratório, estando a ciência relacionada a descobertas e como uma verdade única” (TOMAZI *et al.*, 2009, p. 4).

Em síntese, a falta das questões e da dinamicidade do estudo que levaram ao desenvolvimento do conhecimento científico pode apontar

instantâneas. Ou seja, ao definir aceleração média, o fazem chamando a atenção para o fato de que a diferença Δv na razão $\Delta v/\Delta t$, na realidade é a diferença entre velocidades instantâneas: “a mudança na velocidade instantânea de um objeto dividida pelo intervalo de tempo sobre o qual a mudança ocorre é definida como aceleração média do objeto” (CASSIDY, HOLTON, RUTHERFORD, 2002, p. 34). E também na página 37, quando discorre sobre *acelerações constantes*, volta às velocidades instantâneas, relevância didática que usualmente não é encontrada nos livros textos: “Em palavras, este resultado [$v = v_0 + a\Delta t$] diz que – para aceleração uniforme – a *velocidade instantânea* (v) após o intervalo de tempo Δt é igual à *velocidade instantânea inicial* (v_0) mais a aceleração uniforme (a) vezes o intervalo de tempo (Δt)” (itálicos nossos).

Segundo Feynman, Leighton e Sands (2008) a palavra “velocidade” traz certas sutilezas profundas quando tentamos compreender o que exatamente ela significa. Os autores trazem como ilustração, um dos paradoxos de Zeno:

“Escutem”, ele diz, “ao seguinte argumento: Aquiles corre 10 vezes mais rápido que uma tartaruga, no entanto ele nunca consegue pegar a tartaruga. Pois, suponha que eles comecem uma corrida onde a tartaruga está 100 metros na frente de Aquiles; então quando Aquiles corre os 100 metros para o lugar onde a tartaruga estava, a tartaruga já progrediu 10 metros, tendo corrido um décimo mais rápido. Agora, Aquiles tem de correr outros 10 metros para alcançar a tartaruga, mas ao chegar ao final desta corrida, ele descobre que a tartaruga ainda está 1 metro na sua frente; correndo outro metro, ele descobre a tartaruga 10 centímetros na sua frente, e assim por diante, ad infinitum. Assim, em qualquer momento a tartaruga está sempre na frente de Aquiles e Aquiles nunca pode alcançar a tartaruga”. (ibid., p. 8-3)

Feynman, Leighton e Sands (2008) explicam da seguinte forma:

relacionada com a curva da posição em função do tempo em certo ponto.

É, portanto, através da inserção da tecnologia referente a esse conceito (um discurso) que ele é introduzido, sem referência às causas conceituais e históricas que levaram a essas formulações.

Após, é definido o conceito de **Velocidade escalar instantânea** como o módulo da velocidade e um teste (teste 2) é solicitado, com o qual se pode dizer que os autores inserem no texto uma quebra de contrato didático, pois a resolução exige análises que não foram exemplificadas no decorrer da exposição. O teste solicita que se verifique se as velocidades das partículas, dadas por meio de várias equações de $x(t)$, são constantes e positivas ou negativas com o eixo x . Pela derivada da equação de $x(t)$ em função do tempo, que resulta na equação da velocidade, é possível analisar se v é dependente de t , ou se é uma constante para quaisquer tempos. No entanto, não há nenhuma trivialidade nesse caminho, e uma transição (exemplo de aplicação) poderia colaborar qualitativamente com o processo de aprendizagem.

A seguir, um exemplo é desenvolvido como exercício de elaboração de um gráfico de velocidade em função do tempo $v(t)$ partindo de outro gráfico, de x em função de t , ou seja, de $x(t)$. O exercício faz o cálculo da inclinação de $x(t)$, como sendo $\frac{\Delta x}{\Delta t} = v$, mas não é claro (ou não argumenta) sobre as curvas que levam às mudanças de velocidades, tanto no início quanto no final do trajeto ao qual a figura faz referência.

Cassidy, Holton e Rutherford (2002) também introduzem o conceito de velocidade instantânea através da noção matemática de limite tal como foi apresentada no livro A. Entretanto, o termo “instantâneo” é utilizado em muitas situações posteriores, fazendo com que essa ideia possa ser compreendida por outras formas, além da definição dada.

Por exemplo, a velocidade lida no velocímetro mede o valor instantâneo da rapidez com que veículos se deslocam, e a diferença entre velocidades instantâneas em um determinado intervalo de tempo é a velocidade média. Utilizando-se desse raciocínio, os autores relacionam as duas noções, dando mais elementos para que o estudante possa entender que a razão entre intervalos de espaço e de tempo, quando eles tendem a zero resultam na velocidade instantânea, que é o que afirma, em palavras, a equação 2-4.

Além disso, nessa obra, a aceleração é trabalhada destacando que esta trata de um conceito que decorre de diferenças entre velocidades

para uma imagem estereotipada do cientista que uma didática tradicional não é capaz de superar. Coerente com esse resultado, e apontando para a concepção de natureza da ciência entre os próprios pesquisadores, Bayir, Cakici e Ertas (2013) mostram, em uma investigação empírica, que pesquisadores das ciências naturais e das ciências humanas têm muitos pontos em comum quando externalizam concepções sobre a natureza da ciência.

Com relação à praxeologia da Física encontrada nos manuais analisados, em que as técnicas se fundamentam nos limites das definições, enunciados ou deduções matemáticas, a ciência, por sua vez, também é envolta por um caráter estereotipado que pode ser encontrado em muitas pesquisas do campo da Educação Científica ou de áreas correlatas.

Essa estrutura, encontrada nos manuais de Física, portanto, indica uma imagem duvidosa ou mesmo irreal do trabalho do cientista e da natureza da ciência dentro da qual trabalha. E, além do mais, o fato de ser um cientista não significa que se tem clareza sobre a natureza da ciência (BAYIR, CAKICI, ERTAS, 2013, p. 22). Para esses autores, isso acontece porque não é comum entre os cientistas a reflexão filosófica sobre suas próprias práticas (ibid., p. 22).

De acordo com a pesquisa de Bayir, Cakici e Ertas (2013), a visão sobre a natureza da ciência não está ligada às disciplinas nas quais os cientistas trabalham o que, de acordo com nossa compreensão, está relacionado com o fato de que práticas universitárias, ou não têm alcançado suficiente êxito para reflexões sobre a natureza específica do conhecimento, ou os currículos não têm sequer dado importância para este aspecto.

Segundo Zhai, Jocz e Tan (2013), as atividades de ensino com o objetivo de ensinar ciências deveriam ser centradas nas concepções dos estudantes sobre o cientista e seu trabalho, tendo em consideração os problemas da “vida real” a fim de procurar resolvê-los e promover aprendizagem de “uma autêntica ciência” (p. 20), o que significa a explicitação de aspectos do trabalho científico que não são evidentes.

Todos estes aspectos não deveriam estar presentes nos manuais que representam uma obra humana? Onde os membros de determinada obra buscarão respostas para as dúvidas de conteúdos e práticas que institucionalizam seu campo de atuação, senão nos manuais que os legitimam?

Além disso, uma pesquisa empírica feita por Khishfe (2013) infere que não basta a uma instrução científica a utilização de materiais que permitam uma discussão de elementos muitas vezes encontrados na

atividade científica, tais como as subjetividades, o embasamento experimental e os esforços de todo tipo feitos pelos cientistas, mas se faz necessário o apontamento desses elementos, deixando claro em que momento eles podem estar influenciando o fazer científico.

Portanto, embora a inferência de Krishfe (2013) seja uma questão para aprofundamentos, ela sugere que a introdução de tópicos ou capítulos sobre certos episódios histórico-científicos em sala de aula ou nos próprios livros-textos é uma ação insuficiente para que os alunos passem a visualizar o processo inerente ao trabalho científico de forma mais ampla, que ultrapassa o âmbito analítico, sendo necessária a explicitação dos aspectos que envolvem a elaboração de uma obra científica.

Nesse sentido, seria necessário que os textos dos manuais tivessem um mecanismo de incorporação de outros aspectos do fazer científico que ultrapassassem o domínio analítico, mas não sob a inserção de tópicos complementares, pois estes podem ser desconsiderados enquanto parte da esfera teórica referente à origem desse saber específico.

No entanto, para que fique claro o que estamos entendendo como “origem do saber”, é preciso defini-la. Atribuímos à esfera teórica, ou à “teoria da teoria” todos os elementos motivadores, percebidos ou não pelos próprios cientistas, que levaram à elaboração de definições e conceitos, as estruturas tecnológicas, que, por sua vez, justificam as técnicas. A teoria da teoria é assim definida porque entendemos que é somente dessa forma que as tecnologias podem ser justificadas e de fato compreendidas, sendo insuficientes, portanto, as teorias que, partindo de definições abruptas e deduções de outras, não dão razões para que elas sejam postas como razoáveis. Em caso contrário, como é possível compreender certas definições, equações ou conceitos, ou considerações de ordem teórica, como os postulados, quando não se tem acesso às motivações que levaram os pesquisadores a tais propostas? Assim, se consideramos que a teoria deve fundamentar as tecnologias como apregoa a Teoria Antropológica do Didático, então é preciso que as considerações teóricas permitam o entendimento tanto das práticas institucionais técnicas quanto das tecnologias que as sustentam.

Chevallard (1999) nota que esta “regressão justificativa” pode ser perseguida “até o infinito”, tal como a procura de uma “teoria da teoria”, mas que para muitos estudos os três níveis apresentados (técnica, tecnologia e teoria) são suficientes. Com essa perspectiva, Verónica e

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \textit{inclinação da linha}$$

Inclinação pode ser usada para indicar o declive de uma linha em um gráfico. Em um gráfico de distância por tempo, tal como o da corrida de Jennifer, a distância desde o início é traçado no eixo vertical (d em lugar de y) e o correspondente tempo é traçado sobre o eixo horizontal (t em lugar de x). Juntos, d e t fazem uma série de pontos formando uma linha no plano do gráfico. Em tal gráfico, a inclinação da linha reta representando o movimento de uma pessoa ou de um objeto é definida como segue:

$$\textit{inclinação} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

Essa relação parece familiar? Ela lembra-nos a definição de velocidade média, $v_{méd} = \Delta d / \Delta t$. O fato destas duas definições serem idênticas significa que $v_{méd}$ é numericamente igual à inclinação sobre o gráfico da distância pelo tempo! Em outras palavras, a inclinação de uma parte da linha reta de um gráfico de distância versus tempo dá uma medida da velocidade média de um objeto durante aquele intervalo de tempo.

(ibid., p. 29-30)

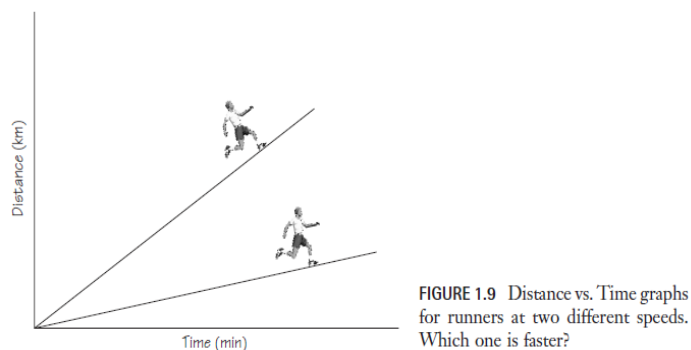
Em síntese, todo esse detalhamento com relação aos elementos que explicam o “movimento”, inclusive de forma gráfica, delineado pelos saberes de referência são contrapostos com o manual analisado. Neste, são expostos apenas os resultados finais, as definições e equações, como tecnologias e técnicas que permitem resolver certos problemas, sem mencionar como se deu seu desenvolvimento conceitual e histórico.

4.1.5 Velocidade Instantânea e Velocidade Escalar Instantânea

O próximo tópico trata de introduzir os conceitos de **velocidade instantânea** e de **velocidade escalar instantânea**. E isso é feito por meio da noção matemática de *limite*: $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$ (equação 2-4; técnica 2-4), junto da seguinte explicação: “a **velocidade** em dado instante é obtida a partir da velocidade média reduzindo o intervalo de tempo Δt até torná-lo próximo de zero. Quando Δt diminui, a velocidade média se aproxima cada vez mais de um valor limite, que é a velocidade instantânea”. Além disso, a velocidade instantânea também é

A análise gráfica permite concluir que: “A inclinação de cada segmento de linha sobre o gráfico é uma indicação da velocidade média que Jennifer desenvolvia naquele intervalo” (ibid., p. 28). “Quanto mais rápido ela corria, mais íngreme o segmento de linha. Quanto mais lentamente ela corria, menos íngreme o segmento de linha.” (ibid., p. 28). Dessa forma, “um gráfico de distância no eixo y e tempo no eixo x nos fornece uma representação visual do movimento, incluindo as variações qualitativas na velocidade” (ibid., p. 28). Mas ela não nos proporciona valores sobre velocidades instantâneas, tal como os que são dados por velocímetros de um veículo.

Contudo, é possível deduzir que a velocidade média é numericamente igual à inclinação sobre o gráfico da distância pelo tempo. Ou seja: “a inclinação de uma parte da linha reta de um gráfico de distância versus tempo dá uma medida da velocidade média de um objeto durante aquele intervalo de tempo” (ibid., p. 30). Os autores expõem uma figura que exemplifica a afirmação feita (figura 1-9, ibid., p. 29):



Em suma, podemos usar geometria simples para “capturar” um movimento observado (ibid., p. 29).

Mas essa explicação não é feita de forma axiomática. Reproduzimos parte da explanação dos autores (em letra garamond e entre traçados), como exemplo do cuidado com os termos introduzidos, o que nos parece uma preocupação de âmbito didático:

A inclinação de uma linha do gráfico em qualquer ponto está relacionada à mudança na direção vertical (Δy) durante a mudança correspondente na direção horizontal (Δx). Por definição, a razão destas duas mudanças é chamada “inclinação”:

Otero (2009) se referindo a Chevallard, Bosch e Gascón (1997)⁵³, afirmam que a *teoria* seria “o fundamento último da atividade, para o qual tudo parece óbvio e natural, sem necessidade de justificativa alguma” e que portanto, seria um “discurso suficientemente amplo para interpretar e justificar a tecnologia” (p. 154).

A tecnologia e a teoria pertencem ao que Chevallard denomina de *logos*, “a união das noções e argumentos dentro de um discurso mais ou menos racional (...) e um mais abstrato conjunto de conceitos e argumentos inerentes a um discurso mais geral (...) que supõe justificar a tecnologia” (CHEVALLARD, 2007, p. 133). Assim sendo, enquanto a tecnologia deve responder a questões como “por que isso [técnica] funciona?” ou “de onde ela [técnica] vem?” (ibid., p. 133), a teoria tem a função de duplicar as questões, desta vez substituindo as técnicas entre colchetes pelas tecnologias. Contudo, até que ponto é possível entender os motivos que de fato influenciaram os cientistas se ficarmos somente no âmbito da racionalidade analítica sem a preocupação de delinear/aprofundar outros aspectos da vida social familiar e acadêmica, tais como as questões políticas e culturais, além daquelas que são intrínsecas às próprias individualidades?

Ademais, ao explicitar os tipos de tarefas ou de problemas que historicamente moveram os indivíduos em busca de respostas em torno de determinada obra científica, é preciso cuidar para que ela não tenha o caráter de um desenvolvimento linear e fechado principalmente quanto aos métodos de pesquisa empregados. Afinal, “as organizações praxeológicas são dinâmicas” e “muitas delas envelheceram, quando seus componentes teóricos e tecnológicos perderam o brilho, a eficiência, quando deixaram de dar respostas satisfatórias para novos problemas” (ROSSINI, 2006, p. 31).

Sobre esse ponto e com relação ao ensino do conceito de função, Rossini afirma:

Tal estudo [da história do conceito] é importante porque permite: compreender as necessidades e os problemas enfrentados pelos matemáticos ao longo dos séculos (...); verificar que a construção do conceito foi um processo demorado, marcado por controvérsias (...); entender que as tarefas, as técnicas e as justificativas das técnicas, que um dia foram construídas para dar respostas a

⁵³A edição citada é a que segue: CHEVALLARD, Y.; BOSCH, M.; GASCON, J. **Estudiar Matemáticas. El eslabón perdido entre la enseñanza y el aprendizaje.** Barcelona: ICE/Horsori, 1997.

questões colocadas em uma determinada época, foram reformuladas, ou até eventualmente abandonadas e que essa dinâmica possibilitou a conformação desse objeto matemático tal como hoje o conhecemos. (ibid., p. 31-32)

3.7 A TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO E OS MOMENTOS DIDÁTICOS

Também é oportuno trazer neste momento o fato de que a praxeologia sugere a existência de momentos didáticos: do primeiro encontro, exploratório, tecnológico-teórico, do trabalho da técnica, da institucionalização, e da avaliação. Quais deles podem ser encontrados na “didática” dos manuais? Como são considerados na dinâmica do processo de exposição do conteúdo?

3.8 SOBRE OS MOMENTOS DIDÁTICOS OU DE ESTUDO

As análises sobre os momentos didáticos apontam que não há no momento do primeiro encontro – com um tipo de tarefa – a apresentação de uma busca de solução de alguma indagação, tal como ocorreu historicamente. Assim, o momento exploratório, que leva à técnica para resolução do problema, pode não ter muita relevância se o problema não é claro no texto. A presença do momento tecnológico-teórico é parcial: o momento tecnológico é encontrado fortemente no texto por meio de definições, enunciados, equações, leis, princípios etc.; já o momento teórico parece ser muito falho, tendo em vista que as causas que levam às tecnologias não são tratadas no texto e não é trabalhada a apresentação das teorias em vista de uma visão mais global que incorpore as leis, os enunciados etc. em uma consistente teoria. Quanto ao momento da institucionalização, isso é feito a todo instante, pois não há abertura para outras possibilidades de interpretações que não a que consta nos manuais. Por último, o momento da avaliação não parece ter sentido na análise desses livros, pois não há dispositivos didáticos neles capazes de proporcionar de alguma forma a avaliação da incorporação de pensamentos e ações institucionalizados, conforme entende a TAD.

A seguir, relatamos a análise do capítulo 2 do livro A, tendo os momentos didáticos como referência. Se colocarmos em relevo somente

registrado na fotografia (nós não sabemos o que ele fez antes e após a fotografia). Dizemos que tudo que se move a uma velocidade constante sobre um mesmo intervalo de tempo tem uma velocidade uniforme. (ibid., p. 25)

A seguir há outro tópico denominado “DESCREVENDO MOVIMENTO” (p. 25). O tópico tem início apresentando alguns jogos para os quais o conceito de velocidade média pode ser importante para descrever as ações. Em continuidade, um exemplo de movimento no cotidiano é dado para o cálculo de velocidades médias. É construída uma tabela para verificar tempos, distâncias e velocidades percorridas, chamando atenção (novamente) para o fato de que a velocidade média não é velocidade constante. A tabela oferece a velocidade média para cada 1 km. “Como se pode ver, nenhuma das velocidades médias para cada quilômetro é exatamente a média global” (p. 27). Há uma reflexão sobre pontos em que houve diminuição e/ou aumento de velocidade.

Outra maneira de observar o movimento de Jennifer [a personagem fictícia do caso anterior], (...) não é olhar as leituras de posição e tempo da tabela, mas olhar o padrão que esses pares de números oferecem em uma “representação gráfica” do movimento chamada de “gráfico”. (ibid., p. 27)

Há uma explicação de como se forma um gráfico (os eixos) e que cada par de números corresponde a um ponto no gráfico. Dois gráficos representam o movimento de Jennifer (p. 27 e 28), um somente com os pontos e outro com a união deles em uma reta, indo até a “origem”; define-se $d = 0$ e $t = 0$, que corresponde ao início do movimento.

Os autores levantam a questão: “O que você pode observar ou ler desde o segundo gráfico?” E respondem que a inclinação é maior no fim. O tempo para percorrer 1 km é menor na última etapa do movimento. Mas no meio isso se inverte, não havendo continuidade, o que pode ser visto em uma tabela (na p. 26): o menor tempo para percorrer 1 km é o último, mas no meio da trajetória, os tempos (para cada 1 km) aumentam.

dividida pela medida do intervalo de tempo sobre o qual a mudança ocorreu é chamada velocidade média. (p.23)

Esta definição de velocidade média é útil para todas as ciências, da física à astronomia, geologia e biologia. (p.22- 23)

A seguir Cassidy, Holton e Rutherford (2002) fornecem um exemplo no qual calculam a velocidade média (em milhas por hora) do deslocamento de um indivíduo para uma escola; e fazem uma importante observação sobre o significado qualitativo de velocidade média: será que você viaja a uma velocidade constante (dada pela velocidade média)?

Provavelmente não. Provavelmente havia semáforos, tráfego lento, esquinas para entrar, e trechos de estrada aberta. Em outras palavras, o indivíduo estava constantemente aumentando e diminuindo a velocidade, até parando, fazendo uma média [na velocidade]. A velocidade Média é um conceito prático – embora seja possível que você tenha durante toda a viagem a velocidade de mesmo valor da velocidade média (ibid., p. 24).

A seguir há um tópico denominado “VOLTA PARA O MOVIMENTO DO DISCO” (p. 24), que é desenvolvido em meia página. Nele, partindo de uma tabela (da p. 21) mostrando valores das posições em um movimento, assim como os intervalos de tempo para percorrê-los e as respectivas distâncias, são calculadas as velocidades médias entre os intervalos de tempo, que resultam sempre no mesmo valor; os autores mostram que não há necessidade de pegar intervalos de s e de t sucessivos, mas que podem ser qualquer um deles e o seu correspondente na tabela, que o valor da velocidade média dá o mesmo resultado.

O que você pode concluir de todas essas velocidades médias? Nossos dados indicam que o disco manteve a mesma velocidade média ao longo de todo o experimento como

os destaques⁵⁴ dos capítulos, percebemos que é atribuída importância fundamental às tecnologias, tal como a TAD sugere. E isso pode ser observado tanto no texto como nos exemplos. É possível inferir que o livro texto de física é formado basicamente pelos momentos tecnológicos e, de forma não muito estruturada, pelos momentos de primeiro encontro, sendo que esses são levados ao momento da institucionalização; afinal, todos os elementos dos textos são institucionalizados. Os outros, com exceção da avaliação (inexistente), se encontram de forma parcial (momento teórico e momento do trabalho da técnica).

Não há discussão de como os elementos que compõem a Física foram institucionalizados nem a apresentação de sua elaboração conceitual-histórica (não há contexto da descoberta). Os momentos do primeiro encontro, do trabalho da técnica, o teórico e o da avaliação são falhos ou mesmo inexistentes.

3.8.1 Análise do capítulo 2 do livro A:

O capítulo 2 do livro é intitulado *Movimento Retilíneo*, e é dividido em 10 tópicos, dispostos a seguir:

2-1. Momento do primeiro encontro com a cinemática: estudo do movimento dos objetos – exemplos: “a rapidez com que se movem”, “a distância percorrida em dado intervalo de tempo” (p. 15) etc., sendo que cada um dos exemplos trata de um tipo de tarefa e apresenta, portanto, cada qual seu momento de primeiro encontro específico com seu tipo de tarefa. Dessa forma, ao objetivar o cálculo da rapidez de um objeto qualquer, tem-se um tipo de tarefa; ao objetivar o cálculo da distância entre dois pontos em dado intervalo de tempo, tem-se outro tipo de tarefa, e assim por diante.

2-2. O texto se inicia com informações científicas institucionalizadas no campo da física, sem discussão a respeito nem notas bibliográficas, apontando para duas questões que podem ser caracterizadas como partes do *momento do primeiro encontro* com estudos do movimento: “O que exatamente deve ser medido? Com que deve ser comparado?” (p. 15).

O tópico 2-2 pode ser interpretado como o *momento do primeiro encontro* com os estudos da cinemática que levam às equações de

⁵⁴ Os destaques feitos pelos autores dos manuais, como negritos, itálicos ou letras maiúsculas, ou enquadramentos de equações, enunciados ou definições.

movimento, determinadas antes da mecânica clássica newtoniana, mas que somente são explicadas de forma completa com as leis de Newton (MARTINS, 1986).

Ao apresentar três propriedades gerais do movimento unidimensional logo em seguida (três condições - apêndice 6, p. 267), restringindo a quantidade de fenômenos aos quais podem fazer referência e limitando o campo de análise para objetos com dimensões desprezíveis, encontramos o *momento tecnológico* relativo ao tema do capítulo que irá fundamentar os problemas e estudos com os quais os estudantes se depararão no livro.

Neste encontro, o texto introduz o tema do estudo (movimento) e o caracteriza como um campo que requer cálculos (o que exatamente deve ser medido?). Também é introduzido um elemento-noção que será muito utilizado como uma técnica de cálculos para compreensão de fenômenos e de ideias e para resolução de problemas reais ou fictícios: corpos extensos como partículas. Assim, o item 3, ao reduzir os objetos a analisar para dimensões desprezíveis (as partículas), reforça o limite prático-teórico, portanto fenomenológico, limitando a extensão do estudo desse capítulo.

A restrição vai mais além. Tanto a restrição aos movimentos retilíneos (item 1) quanto a não preocupação com suas causas (item 2) são determinantes de um tipo de abstração que, em vista de outras com maior número de variáveis ou de tipos de movimentos, se constituem com menor grau de complexidade teórica. Em outras palavras, a abstração é posta em um primeiro nível de complexidade, a partir da qual as fronteiras podem ser estendidas a casos em que a complexidade pode ser maior.

No tópico 2-3, o *momento tecnológico* continua, com uma série de definições e enunciados de elementos que precisam ser compreendidos para entendimento das equações que serão determinadas e utilizadas nos cálculos: origem ou ponto zero de um eixo de coordenadas espaciais, grandeza vetorial, sentido positivo e negativo do eixo, deslocamento e seu módulo. Esses elementos precedem o enunciado da equação para o deslocamento, “a uma mudança de posição x_1 para uma posição x_2 é associado um **deslocamento**” (p.15), cujo significado é reduzido a uma equação que se distingue como a *técnica* com a qual as distâncias percorridas serão calculadas:

$$\Delta x = x_2 - x_1 \quad (2-1)$$

A descrição (definição) dos elementos da equação engloba tanto o *momento do primeiro encontro* com estudos (leis e enunciados) como o *momento da institucionalização*, já que se trata de rudimentos

quantidade isso pode ser escrito como uma fração

$$\text{velocidade} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

Em palavras, isto diz que a velocidade de um objeto durante o intervalo de tempo Δt é a razão da distância viajada, Δd , no intervalo de tempo, Δt .

Esta definição de velocidade de um objeto também nos conta mais sobre o significado de uma razão. (ibid., p. 22)

Os autores argumentam que razão é divisão, e que, portanto, a velocidade é Δd dividida por Δt . E chamam a atenção para o que denominam como “uma pequena complicação”:

Há ainda uma pequena complicação: não sabemos exatamente o que o disco está fazendo quando não o vemos entre os flashes de luz. Provavelmente não está fazendo nada de muito diferente do que quando o vemos. Mas devido ao atrito ele pode ter abrandado um pouco. Poderia também ter aumentado a velocidade depois de ser atingido por uma explosão súbita de ar; ou talvez nada tenha mudado, mantendo-se no direito de se mover exatamente no mesmo ritmo. Desde que nós não sabemos ao certo, a razão de Δd por Δt nos dá somente uma “média”, porque ela assume que a taxa de aumento de d não mudou durante todo o intervalo de tempo Δt . (...). Damos à razão de Δd por Δt um nome especial. Nós o chamamos de velocidade média do disco no intervalo de tempo Δt . Isto também pode ter um símbolo especial, $v_{\text{méd}}$:

$$\frac{\Delta d}{\Delta t} = v$$

Estes símbolos dizem em palavras: a mudança medida na posição de um objeto

foram capazes de descrever adequadamente problemas envolvendo velocidades. As sutilezas aparecem quando tentamos compreender exatamente o que se quer dizer por "velocidade". Os gregos ficaram muito confusos sobre isto e um novo ramo da matemática teve de ser descoberto além da geometria e álgebra dos gregos, árabes e babilônios. (FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS, 2008, p. 8-2, 8-3)

Entretanto, no livro de Cassidy, Holton e Rutherford (2002), os autores analisam mais uma vez o movimento do disco na superfície lisa e plana, com maiores detalhes. (Até agora, os autores chamaram atenção para o fato de que havia espaçamento temporal de um décimo de segundo em cada medida).

Uma explicação qualitativa leva a inferir que a comparação entre os intervalos de tempo e de distância percorrida nos diz se a rapidez (fast) do disco é maior ou menor, ou seja, que o valor da razão entre os intervalos é útil para saber o quão mais rápido ou o quanto mais lento (slow) é o movimento.

Os autores chamam a atenção para o seguinte aspecto:

Os cientistas do século XVII fizeram o seguinte: fixaram o intervalo de tempo para analisar os intervalos espaciais. Mas poderia ser o contrário: fixar o intervalo espacial e ver o que acontece com o intervalo temporal; no entanto, esta segunda possibilidade não foi feita historicamente: “os cientistas no século XVII decidiram não usar esta definição, mas a primeira envolvendo a distância viajada pelo intervalo de tempo (em vez do contrário). Isto nos dá a “razão” do movimento que nós chamamos de *velocidade*” (ibid., p. 22).

Podemos expressar a taxa de movimento – a velocidade – como uma razão. Uma razão compara uma quantidade à outra. Neste caso, estamos comparando a quantidade de distância viajada, que é representada por Δd , com o tamanho do intervalo de tempo, que é representado por Δt . Outra forma de dizer isto, é a quantidade de Δd por Δt . Quando uma quantidade é comparada a outra

comumente utilizados no campo da física. Assim, a elaboração da equação trata de revelar a *técnica* que responde à *tecnologia* explicitada pelo enunciado. Este processo, que leva às equações (*técnica*), não é feito de forma contínua; ao elaborar os enunciados, as definições e explicações dos elementos que compõem as equações podem ser encontradas no texto. É o que ocorre com a explicitação dos elementos da equação anterior, que é feita após a sua exposição: “o símbolo (a letra grega delta maiúscula) é usado para representar a variação de uma grandeza e corresponde à diferença entre o valor final e o valor inicial” (p. 16).

Uma simples substituição por números arbitrários, exemplificada pelos autores, indica como a equação 2-1 é utilizada e como os resultados são interpretados de acordo com o sinal do deslocamento, apontando ao potencial técnico da fórmula, e dando margem à transição do primeiro encontro com o trabalho da técnica. Nesse sentido, são encontrados testes simples com três pares de números arbitrários para exercício da técnica que foi exposta. Na explicação dos resultados, os autores enfatizam “módulo” e “grandeza vetorial” como exemplo de “deslocamento”, solicitando a resolução de três aplicações da fórmula 2-1, como uma iniciação ao trabalho da técnica.

A explicação qualitativa dos possíveis empregos da equação é uma exemplificação que pode ser analisada como um caminho para o momento exploratório, mesmo que ainda seja uma apresentação da equação no que tange a suas aplicações, e, portanto, seja mais pertinente que a consideremos como um dos micro-momentos de primeiro encontro.

Quando atribuímos números às posições x_1 e x_2 da Eq. 2-1, um deslocamento no sentido positivo (para a direita na Fig. 2-1) sempre resulta em um **deslocamento positivo**, e um deslocamento no sentido oposto (para a esquerda na figura) sempre resulta em um **deslocamento negativo**. (p. 16, grifos nossos)

Como é possível observar (em negrito), as definições estão sendo delineadas, caracterizando um micro-momento de primeiro encontro, mas que poderia ser também exploratório ou mesmo de técnica, já que há uma técnica de cálculo envolvida cujo resultado indica o sentido do movimento. Apesar disso, em continuidade, como já apontamos, uma pequena exemplificação de aplicação da equação é feita, o que nos leva a atribuição de um caminho que leva para o momento do trabalho da

técnica.

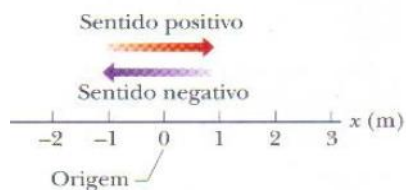
Assim, por exemplo, se uma partícula se move de $x_1 = 5$ m para $x_2 = 12$ m, $x = (12 \text{ m}) - (5 \text{ m}) = +7$ m. O resultado positivo indica que o movimento é no sentido positivo. Se, em vez disso, a partícula se move de $x_1 = 5$ m para $x_2 = 1$ m, $x = (1 \text{ m}) - (5 \text{ m}) = -4$ m. O resultado negativo indica que o movimento é no sentido negativo. (p. 16)

A aplicação da equação para um caso fictício e a explicação de como os resultados podem ser positivos ou negativos são feitas pelos autores antes da introdução da noção de módulo do deslocamento, ou seja, antes do novo micro-momento de primeiro encontro, que objetiva definir “módulo” e “grandeza vetorial”.

Além disso, a introdução de um único caminho que leva à equação – tendo como intermediários, definições, enunciados, equações e exemplificações – se constitui como um *momento de institucionalização*, já que não há outros caminhos para serem pensados.

O tópico 2-3 termina com uma questão que pode ser resolvida por meio da equação ou de uma figura tal como a figura 2.1, abaixo reproduzida, sugerindo que o caráter gráfico é um dispositivo cuja presença como função transicional talvez tenha implicações educacionais significativas.

Figura: sentido positivo e sentido negativo (função transicional para compreensão do texto)



3. 2-1 A posição é determinada em um eixo marcado em unidades de comprimento (metros, por exemplo), e se estende indefinidamente nos dois sentidos. O nome do eixo, x , por exemplo, aparece sempre no lado positivo do eixo em relação à origem.

(Trecho do livro HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009, p. 15)

Com relação ao segundo estudo, Lavertya e Kortemeyer (2012) observam que estudantes têm dificuldades para construir e interpretar gráficos. Eles afirmam que as dificuldades são relativas às representações dos gráficos enquanto funções e como realidade física.

Pérez e Ure (2012), em pesquisa com alunos do primeiro ano de uma disciplina de Física cursada por alunos de vários cursos universitários, apontam que:

(...) o uso exclusivo da representação algébrica não permite avançar na resolução já que, contundentemente, renunciam às explicações na linguagem comum que lhes são solicitadas e tampouco realizam algum gráfico. Esta escolha parece ser o reflexo de um ensino que tradicionalmente se centra quase exclusivamente nas equações e perdem a possibilidade de contrastar ou complementar seus resultados com os dados numéricos proporcionados, com a imagem mental do movimento ou, como muitos fazem, com a informação que pode proporcionar um gráfico. (p. 31)

Os autores dessas pesquisas parecem concordar que há um problema de âmbito didático referente às relações entre aspectos matemáticos e físicos, ou, de forma mais específica, entre álgebra, linguagem em palavras e gráficos. Perez e Ure (2012) apontam a necessidade de um olhar crítico à interpretação que considera fácil a transferência da matemática para construção de modelos no âmbito da física (p. 32).

Retornando à análise do livro A, o conceito de *velocidade escalar média* não é historicamente introduzido, nem mesmo são discutidas as razões que levaram os cientistas a tal elaboração, tal como aconteceu com o conceito de velocidade média. Assim, chega-se à equação 2-3 desse conceito como uma forma diferenciada de descrever a rapidez de uma partícula.

Contudo, não seria o caso somente de introduzir uma definição qualitativa, até porque não há nela nenhuma obviedade:

Apesar de sabermos aproximadamente o que "velocidade" significa, existem algumas poucas sutilezas mais profundas; considerando que os sábios gregos nunca

aquele tempo, o estudo do movimento foi do tipo filosófico, baseado em argumentos que poderiam ser imaginados na cabeça de alguém. A maior parte dos argumentos (...) [até aquele momento histórico] foram tidos como “demonstrados”. Galileu era cético e fez uma experiência com movimento (...). (FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS, 2008, p. 5-1)

Por outro lado, a própria inserção do gráfico como representante do movimento de um objeto (um animal, o tatu), pode ser uma questão para investigação. A relação entre equação e gráfico é tratada como se houvesse, entre esses instrumentos, certa obviedade intrínseca, cuja elucidação, portanto, não se faz necessária. Parece ser com essa perspectiva que um exemplo logo a seguir é dado no texto, onde, por meio de um gráfico calcula-se a velocidade média utilizando-se da equação 2-2.

Estudos apontam, no entanto, que não há nenhuma trivialidade nessa relação, e que muitos alunos têm poucas habilidades para entender a linguagem gráfica (CÓRDOVA-FRUNZ, VARGAS-FOSADA, VINIEGRA-RAMÍREZ, 2013; LAVERTYA, KORTEMEYER, 2012). No primeiro estudo, os autores afirmam que há dificuldades relacionadas à tradução entre as linguagens cotidiana, algébrica e gráfica; e citam Newton (1707), que teria escrito: “para resolver um problema referente a números ou relações abstratas de quantidades, basta traduzi-lo, do inglês ou de outra língua ao idioma algébrico”⁶³.

No entanto, a tradução não parece ser feita de modo tranquilo pelos alunos, como afirmam os autores: “Em nossa experiência em sala de aula, a tradução à linguagem algébrica ou gráfica é uma das principais limitações que enfrentam os estudantes de nível superior”⁶⁴. Assim, se da linguagem cotidiana para a algébrica existe uma complexidade que deve ser analisada no ensino de ciências, a dificuldade é ainda maior quando dessa última temos que considerá-la graficamente.

⁶³ NEWTON (1707) apud CÓRDOVA-FRUNZ, VARGAS-FOSADA, VINIEGRA-RAMÍREZ (2013), p. 211. A obra citada de Newton é a seguinte: NEWTON, I. (1707) *Arithmetica Universalis; sive de Compositione et Resolutione Arithmetica*. Ghent University.

⁶⁴ Ibid., p. 211.

Como as tarefas são boas indicadoras de concepções e hábitos de um campo do conhecimento, segundo a TAD, a questão apresentada no final deste tópico parece indicar que a síntese do que foi exposto é expressa na equação do deslocamento apresentado.

No tópico 2-4, são expostas duas técnicas de cálculos de velocidades: a *velocidade média* e a *velocidade escalar média*. O momento do trabalho da técnica (por meio do dispositivo “aula de problemas”) envolve a análise do movimento de um animal (tatu) em um gráfico, a partir do qual é calculada a *velocidade média* por meio da definição de uma equação e da inclinação da reta que une dois pontos sobre a curva $x(t)$. A análise gráfica pode ser uma forma de transição a formas mais refinadas de visualizar um fenômeno ou uma questão.

Do ponto de vista dos *pressupostos chevallardianos*, os *dispositivos didáticos* falham ao não conter estratégias de ensino que levem em consideração a transição entre tipos de tarefas que necessitam de diferentes compreensões, como é o caso dos diagramas, das equações e dos conceitos neles envolvidos. Nesse sentido, ao apresentar um diagrama demonstrando que este pode ser útil para análise de uma situação didática, os estudantes podem estar sendo inicialmente inseridos num novo tipo de abstração, que se aproxima do que Bachelard chamou de *geometrização* da ciência, levando à congruência das formas de transição de Chevallard.

As figuras 2.2 e 2.3 trazem relações entre o repouso ou o movimento de um animal (tatu) e os pontos de sua trajetória representados em dois gráficos: no primeiro, o tatu se encontra em repouso, no segundo o tatu se movimenta:

Figura: representação de tatu em repouso

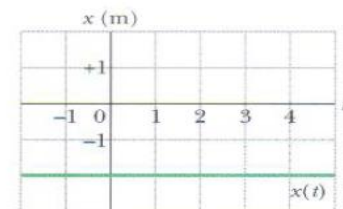


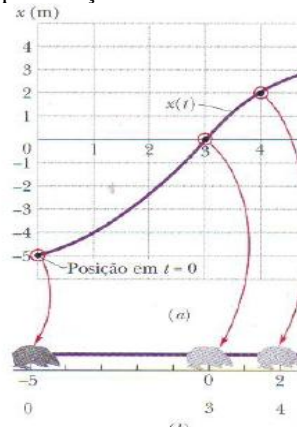
Figura 2.2

(Trecho do livro HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009, p. 16)

Segundo os autores, a figura 2.2 é um “exemplo simples”, que “mostra função posição $x(t)$ para um tatu em repouso (tratado como uma partícula) durante um intervalo de tempo de 7 s”, sendo que “a posição do animal tem sempre o mesmo valor, $x = -2$ m” (p. 16). Entretanto, para compreender corretamente um gráfico, é preciso que haja uma mudança nas formas de percepção interpretativa, pois ela requer o domínio de outra linguagem matemática. Por exemplo, se todas as situações físicas apresentadas e exemplificadas fossem explicadas à luz de equações, elas poderiam ser interpretadas como uma quebra no contrato de trabalho se as questões envolvessem construção ou análise de gráficos, mesmo que se tratasse de semelhantes situações. Para Chevallard (1997), as quebras de contrato de trabalho são problemáticas na medida em que não possuem pontes de acesso compreensíveis para o aluno entre os objetos que são abordados: *são necessários novos dispositivos didáticos* (ibid.). A próxima figura ilustra melhor esse argumento.

Na figura 2.3a o tatu “é avistado em $t = 0$ quando está na posição $x = -5$ m. Ele se move no sentido de $x = 0$, passa por esse ponto em $t = 3$ s e continua a se deslocar para maiores valores positivos de x . A figura 2.3b mostra o movimento real do tatu em linha reta, que é a trajetória que você veria” (ibid., p. 16).

Figura: representação de tatu em movimento



(Figura 2.3 - Trecho do livro HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009, p. 16)

caminho percorrido (análise do movimento e repouso em um gráfico) da seguinte maneira: “uma forma compacta de descrever a posição de um objeto é desenhar um gráfico da posição x em função do tempo t , ou seja, um gráfico de $x(t)$. Sobre a simbologia “ $x(t)$ ”, os autores parecem se mostrar preocupados⁶² com sua inteligibilidade ao afirmar: “A notação $x(t)$ representa uma função x de t e não o produto de x por t ”.

Entretanto, como já assinalamos, a equação 2-2 é introduzida sem referência ao gráfico explanado; é inserida como *a forma* de calcular a rapidez com que o tatu se move (dado no gráfico), e que esse resultado pode ser alcançado também pela análise gráfica. Essa maneira de conduzir o ensino do movimento relativo às velocidades médias não permite discutir conceitualmente o que de fato significam os elementos envolvidos na equação nem como ela pôde ser elaborada para este estudo. As causas de sua elaboração não são abordadas, deixando para o estudante uma construção de um fazer científico individualmente arbitrário, desde que o resultado final seja esta equação, podendo levar a diversos equívocos históricos e epistemológicos.

Em outros termos, pretendemos apontar que na falta das razões, sejam lógicas, subjetivas ou sociais, que levaram os cientistas às concepções, elaborações teóricas e empíricas, e que recaíam muitas vezes em equações, principalmente após a influência das pesquisas de Galileu, dificilmente os aprendizes terão condições de compreender como elas foram construídas, permitindo a edificação de variadas divagações a respeito da atividade científica e de visões as quais muitas vezes acabam obstaculizando o acesso às ciências, como, por exemplo, a concepção de que ela é feita fundamentalmente por indivíduos dotados de uma imperativa genialidade.

Isso não significa que não haja indivíduos dotados de certa genialidade na história da ciência e, talvez, Galileu tenha sido um deles. Contudo, é possível acompanhar dentro de certos limites seu raciocínio e a lógica que percorreu para chegar às conclusões relatadas nos livros, afinal, ele é considerado o pai da ciência moderna e muitos livros foram publicados a seu respeito:

Muitas pessoas gostam de colocar o começo da física no trabalho feito 350 anos atrás por Galileu e de chamá-lo de primeiro físico. Até

⁶² Preocupação que, como veremos ao explicar nosso saber de referência, é de extrema relevância para plausibilidade de um texto e para compreensão dos significados de um campo científico.

Apesar de sabermos aproximadamente o que "velocidade" significa, existem algumas poucas sutilezas mais profundas; considerando que os sábios gregos nunca foram capazes de descrever adequadamente problemas envolvendo velocidades. As sutilezas aparecem quando tentamos compreender exatamente o que se quer dizer por "velocidade". Os gregos ficaram muito confusos sobre isto e um novo ramo da matemática teve de ser descoberto além da geometria e álgebra dos gregos, árabes e babilônios. (FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS, 2008, p. 8-2, 8-3)

Após a definição de velocidade média por meio da equação 2-2, os autores exploram a figura do tatu em movimento com o objetivo de expor que “em um gráfico de x em função de t , $v_{méd}$ é a **inclinação** da reta que liga dois pontos particulares da curva $x(t)$ ”. É dado um exemplo que permite calcular a velocidade média a partir da análise de um gráfico de $x(t)$, que possibilita traçar uma inclinação entre dois pontos de um movimento (figura, apêndice 6, p.269).

Para resolver a questão dada no exemplo, o gráfico oferece os pontos espaciais temporais iniciais e finais do deslocamento, a partir dos quais é possível calcular pela equação 2-1 e pela equação 2-2, a velocidade média.

O conceito de **velocidade escalar média** $s_{méd}$ é introduzido logo a seguir como “uma forma diferente de descrever ‘com que rapidez’ uma partícula está se movendo” e é definida como a distância total percorrida pela variação de tempo, não importando a direção e o sentido do movimento, sendo observado que muitas vezes ela é igual à velocidade média (p. 16). Assim, ela é dada por: $s_{méd} = \frac{\text{distância total}}{\Delta t}$ (equação 2-3; técnica 2-3).

Em continuidade, um exemplo é fornecido, demonstrando que a velocidade média e a velocidade escalar média podem ser muito diferentes. Ele dá uma noção de como as equações 2-1, 2-2 e 2-3 podem ser utilizadas e também mostra a elaboração de um gráfico representativo do evento mencionado.

Vamos analisar com um pouco mais de atenção. Para introduzir a equação da velocidade média (equação 2-2), os autores explicam o

A figura 2.3 apresenta duas formas de visualizar o movimento de um tatu. As setas que apontam o animal não são explicitadas no texto, ou seja, não há explicações diretas de suas funções na figura, deixando para o leitor, a possibilidade da correta interpretação. Além disso, os autores se utilizam de termos e frases que nos parecem problemáticas:

Por exemplo, encontramos a afirmação seguinte, na página 16 do livro: “A Fig. 2.3a é mais interessante, já que envolve movimento”. As figuras 2.3a e 2.3b são representações de uma mesma situação: a do movimento de um tatu. Nesse caso, como o leitor irá interpretá-la? Não temos essa resposta, mas muitas hipóteses podem ser levantadas para estudo.

Também encontramos a afirmação: “o tatu é aparentemente avistado em $t = 0$, quando está na posição $x = -5 \text{ m}$ ” (p.16). A expressão “aparentemente avistado” pode adquirir variadas compreensões, como, por exemplo, a de que o tatu é visto em uma imagem virtual (como a que proporciona um espelho) ou que sua imagem foi criada por uma ilusão de óptica. Os autores continuam discorrendo sem explicar objetivamente a leitura do gráfico: “O gráfico da Fig. 2.3a é mais abstrato e bem diferente daquilo que você realmente veria, mas é muito mais rico em informações. Ele também revela com que rapidez o tatu se move” (p.16).

Com a última afirmação, que revela a possibilidade de uma leitura da velocidade média do tatu, por meio de gráfico, uma transição a esse conceito se faz presente: do cálculo do deslocamento para o cálculo da velocidade média. A complexidade aumenta na medida em que mais variáveis entram em cena de forma cumulativa para cálculos e considerações de ordem qualitativa. A velocidade média, definida como a razão entre o deslocamento e o intervalo de tempo percorrido é definida como “inclinação da reta que liga dois pontos particulares da curva $x(t)$ ”, num gráfico de x em função de t .

Porém, a transição das equações de deslocamento e de velocidade média para suas formas geometrizadas, ainda é coadjuvante, pois o estudo não é comprometido se as figuras não estiverem postas nas situações mostradas – que considera apenas uma dimensão espacial. Assim, embora certos apontamentos de que há casos em que as figuras são adjuvantes no processo para a busca de respostas a determinados problemas, como a *geometrização* por meio dos vetores, elas ainda não são determinantes para resolução das questões dadas. A presença delas no texto parece ter a função de enriquecimento do conteúdo, mas não são cruciais para sua compreensão.

No entanto, por meio da análise da velocidade média percorrida

pela tartaruga para o intervalo de 1 a 4 s, o gráfico passa a ter função adjuvante, sendo determinante para que a solução seja encontrada. O gráfico é a que consta a seguir:

Figura: representação da velocidade média Como inclinação da reta

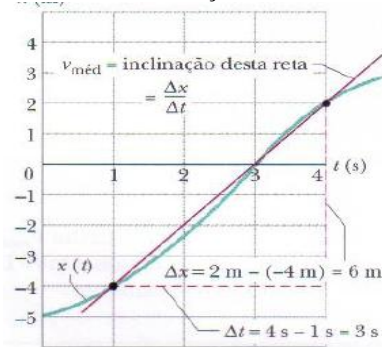


FIG. 2-4 Cálculo da velocidade média entre $t = 1\text{ s}$ e $t = 4\text{ s}$ como a inclinação da reta que une os pontos sobre a curva $x(t)$ que correspondem a esses tempos.

(Trecho do livro HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009, p. 17)

A solução é encontrada, assim, junto do formato da equação da velocidade média para a qual o deslocamento é de 6 m, conforme ilustra o gráfico:

$$v_m = \frac{6\text{m}}{3\text{s}} = 2\text{m/s}$$

A seguir, é definida *velocidade escalar média* como: razão entre a distância total percorrida, independente da direção, e o intervalo de tempo durante o qual esse deslocamento ocorre.

O próximo ponto de estudo aborda a velocidade escalar média que, apesar de não considerar sinais algébricos, complexificam mais as análises ao somar-se aos casos já apresentados e pela diferenciação que agora pode ser feita entre a velocidade média e a velocidade escalar média. Ela é definida por meio da equação:

$$s_m = \frac{\text{distância total}}{\Delta t}$$

Com essas técnicas para os cálculos da velocidade média e da velocidade escalar média, há uma aplicação das equações (exemplo 2-

uma das coisas que provavelmente não podemos definir (no sentido de dicionário), e apenas dizer que ele é, o que já sabemos que é: é o quanto esperamos! (p. 5-1)

Assim, na impossibilidade de definir tempo, os autores explicam por que é dada ênfase sobre a sua quantificação:

O que realmente importa não é como definimos tempo, mas como nós o medimos. Uma forma de medir tempo é utilizando algo com o qual acontecem coisas que se repetem de forma regular – algo que seja periódico. Por exemplo, um dia. Um dia aparentemente se repete sempre. (p.5-1)

Tendo essas considerações como indicadoras pontuais para o estudo da noção de tempo, os manuais poderiam estar usando-as para explicar a ênfase quantitativa que é diretamente introduzida no início do tópico, permitindo que os alunos possam achá-la mais plausível.

4.1.4 Velocidade Média e Velocidade Escalar Média

Este tópico permite explanar uma das questões postas no item “movimento”: “O objeto está se movendo cada vez mais depressa, cada vez mais devagar...?”

O texto parte de um gráfico da posição em função do tempo representando um tatu (como partícula) em repouso em 7 s de variação temporal. Em seguida, o texto se refere a outro gráfico, também de $x(t)$, que representa o tatu em movimento, e afirma que ela permite revelar “com que rapidez o tatu se move”. No entanto define **velocidade média** expressando a equação $v_{\text{méd}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$ (equação 2-2; técnica 2-2), sem fazer relação direta com o gráfico; evidentemente, alguns estudantes podem fazer a relação com a figura e nela perceber os dados aos quais a equação se refere, mas como assegurar que isso irá acontecer, sem um trabalho de integração entre a linguagem gráfica e a que é dada pela equação?

Um exemplo de como pode ser anunciada uma integração de distintos elementos teóricos para lidar com a interpretação de um fenômeno, sem que esta (suposta integração) seja simplesmente posta, é encontrada em Lectures on Physics:

pela subtração do valor de d ou t do início do intervalo do valor de d ou t do final – em outras palavras, qual é o resultado da subtração entre os valores final e inicial.” (p. 21).

Em símbolos:

$$\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{inicial}}$$

$$\Delta t = t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}}$$

“O resultado de cada subtração dá a diferença ou a mudança na leitura. É por isso que o resultado da subtração é muitas vezes chamado de ‘diferença’” (ibid., p. 21).

Para Feynman, Leighton e Sands (2008) “a mudança mais simples que pode ser observada em um corpo é a aparente mudança de sua posição com o tempo, que chamamos de movimento” (p. 8-1). Sabemos que no estudo da física do movimento, d e t são elementos de uma função $d = f(t)$ ou $s = f(t)$, e que, além disso, não há nenhuma trivialidade em seus significados.

A notação $s = f(t)$ significa que o elemento representado por s (posição ou espaço) é dependente de t (tempo), ou em linguagem matemática, que s é uma função de t . Mas, “o que queremos dizer com *tempo e espaço?* (...) essas profundas questões filosóficas têm que ser analisadas com muito cuidado na física, e isto não é tão fácil de ser feito” (FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS, 2008, p. 8-2).

Segundo esses autores, antes de Galileu não havia uma forma precisa de medir tempo, principalmente em se tratando de tempos curtos; o que Galileu fez foi usar seu próprio pulso como instrumento para medir intervalos regulares de tempo.

Sendo a base de toda a Física, o estudo dos movimentos busca responder a questões como “onde?”, “quando?”, “o que é tempo?” (FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS, 2008, p. 5-1):

O dicionário Webster define “um tempo” como “um período” e esse último como “um tempo”, isso não parece ser de muita utilidade. Talvez devêssemos dizer: “Tempo é o que ocorre quando nada mais está ocorrendo”. O que também não nos leva muito longe. Possivelmente isso é tão bom quanto se encararmos o fato de que tempo é

1), demonstrando que os resultados dos dois valores podem ser bastante diferentes.

O exemplo 2.1 (da p. 17) dado no livro parece ter duplo papel, o de permitir analisar as diferenças entre a velocidade escalar média e a de demonstrar como o conteúdo exposto pode ser aplicado. Segundo a TAD, seria o *momento do trabalho da técnica* (dispositivo “*classe de problemas*”) com os conceitos de velocidade, deslocamento e tempo.

O exemplo 2.1 é o que segue:

Depois de dirigir uma van em uma estrada retilínea por 8,4 km a 70 km/h, você pára por falta de gasolina. Nos 30 min seguintes você caminha por mais 2 km ao longo da estrada até chegar ao posto de gasolina mais próximo.

a) Qual é o deslocamento total, desde o início da viagem até chegar ao posto de gasolina?

b) Qual é o intervalo de tempo Δt entre o início da viagem e o instante em que você chega ao posto?

c) Qual é a velocidade média do início da viagem até a chegada ao posto de gasolina? Determine a solução numericamente e graficamente.

d) Suponha que para encher um bujão de gasolina, pagar e caminhar de volta para a van você leve 45 min. Qual é sua velocidade escalar média do início da viagem até o momento em que chega de volta ao lugar onde deixou a van?

Para resolver o problema anterior, são necessárias equações (técnica) e o discurso que a traduzem (tecnologia), tais como: “o deslocamento x ao longo do eixo x é a diferença entre a segunda posição e a primeira” (p. 17) ou “a velocidade escalar média é a razão entre a distância total percorrida e o tempo gasto para percorrer essa distância” (p. 18).

O tópico 2-5 (velocidade instantânea e velocidade escalar instantânea) apresenta um primeiro encontro com os termos “rapidez”, “velocidade instantânea” ou simplesmente “velocidade”, definindo-os como “rapidez com a qual um objeto está se movendo em um certo instante” (p. 19). Trata-se de um micro-momento de primeiro encontro com este novo elemento do estudo da cinemática.

O enunciado que leva à equação trata do *discurso da técnica* e é dado pela *tecnologia* que se inicia como (p. 19):

A velocidade em um dado instante é obtida a partir da velocidade média reduzindo o intervalo de tempo até torná-lo próximo de zero. À medida que diminui, a velocidade média se aproxima de um valor-limite, que é a velocidade instantânea.

O passo seguinte é a exposição da equação, que é a forma matemática que poderá ser utilizada para analisar certos fenômenos e, portanto, se constitui como a *técnica* para o cálculo das velocidades instantâneas:

Figura: equação para velocidade instantânea

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} \quad (2-4)$$

(Trecho do livro HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009, p. 19)

O discurso da tecnologia, que teve início antes da apresentação da fórmula, continua com a explicitação dos elementos que compõem a equação (p. 19):

Observe que v é a taxa com a qual a posição x está variando com o tempo em um dado instante, ou seja, v é a derivada de x em relação a t . Observe também que v , em qualquer instante, é a inclinação da curva que representa a posição em função do tempo no instante considerado.

O momento tecnológico também considera a *velocidade escalar instantânea*, ou simplesmente *velocidade escalar*, definida como “módulo da velocidade, ou seja, a velocidade desprovida de qualquer indicação de direção” (p. 19).

A seguir, há solicitação para resolução de três exercícios (teste 2, p. 19) que partem das equações de posições de partículas (x) em função do tempo – $x(t)$, e que podem ser analisadas para verificação da variabilidade ou invariabilidade de suas velocidades, e também com relação aos sentidos, positivos ou negativos. O caminho para resolução

No livro A, há uma exposição de formas de responder a certas perguntas, com definições e equações que dizem algo sobre o fenômeno. Entretanto, não há preocupação com a inteligibilidade do processo que deu origem aos parâmetros, conceituações e procedimentos que levaram à forma com que eles são atualmente organizados.

A falta de inteligibilidade do processo que originou os elementos teóricos da Física, além de apontar para um ensino dogmático, contribuiu para edificação da noção existente entre os aprendizes de que a ciência é e foi feita por indivíduos geniais e que, portanto, não está ao alcance de todos; em outros termos, edifica-se o fenômeno didático “Cientista é um gênio”.

O teste 1, que vem logo após a exposição da equação para Δx , trata da solicitação de sua aplicação direta. Portanto, a introdução de elementos referentes às noções de posição e deslocamento é feita pela exposição de uma técnica que resolve um tipo de tarefa (calcular a posição ou o deslocamento de uma partícula) e pela solicitação de um teste para o qual é necessária uma aplicação direta da técnica para se chegar às soluções.

No livro de Cassidy, Holton e Rutherford (2002), os detalhes com relação à formulação da equação 2-1 não são negligenciados. Os autores dizem que vão utilizar a letra d e a letra t para posição e tempo respectivamente, e que também usarão as abreviações cm (centímetro) e s (segundo). Assim definidos, passam à leitura de alguns pares de dados (d , t), permitidos pela fotografia demonstrada anteriormente; demonstram alguns pares em uma tabela. Define-se o termo “intervalo de tempo”: “chamamos a duração entre cada par de medidas de *intervalo de tempo*” (p. 21). Também define “distância percorrida”.

Em continuidade, Cassidy, Holton e Rutherford (2002) também indicam que intervalos também têm símbolos que os representam: “Os intervalos de tempo e as correspondentes distâncias percorridas também têm símbolos especiais, que são novamente um tipo de atalho para os conceitos que eles representam. O intervalo de tempo entre quaisquer duas medidas de tempo é dado pelo símbolo Δt . A distância percorrida entre quaisquer duas medidas de posição é dada pelo símbolo Δd .” (p. 21). A seguir informa que o símbolo Δ faz parte do alfabeto grego e que é chamado de “delta” e que sempre que esse símbolo preceder outro símbolo significa uma mudança naquela medida. “Portanto Δd não significa ‘ Δ multiplicado por t ’. Em vez disso, significa ‘mudança em d ’ ou ‘a distância viajada’” (p. 21). Da mesma forma, Δt é mudança em t ou intervalo de tempo. “Desde que o valor de Δd ou Δt envolve mudança, podemos obter um resultado para a quantidade de mudança

referência, seja histórica ou didática⁶¹, para dar plausibilidade às mesmas. Também não há problematizações que forneçam elementos plausíveis para serem investigados e que levam às conceituações definidas.

A matematização é inserida no estudo do movimento como algo natural, que não necessita de uma abordagem que a justifique. Esta naturalização lógico-matemática intrínseca à Física tem uma história, e só pode ser compreendida como tal quando a ela nos referimos. Mas não basta nos adentrarmos no contexto histórico da evolução da Física, se faz necessário apontar quando seu uso potencializa ou mesmo viabiliza o entendimento dos fenômenos naturais e quando pode ser possível uma compreensão qualitativa destes fenômenos. Do ponto de vista global da Física, ela é hoje caracterizada por conter tanto elementos lógico-matemáticos quanto analítico-conceituais; aspectos que podem estar sendo didaticamente dissociados, levando ao fenômeno didático “Se não há equações não há Física”.

De maneira distinta do livro A, em *Understanding Physics*, a matemática e a experimentação são inseridas como elementos que têm grande potencial para auxiliar a compreensão do fenômeno “movimento”, sendo, portanto, úteis para entendimento do mesmo:

Você viu no prólogo que Platão e outros argumentaram que a matemática pode ser usada como uma ferramenta para compreender os princípios básicos da natureza.

Você também viu que nós podemos usar essa ferramenta com grande vantagem quando nós a aplicamos a observações precisas e experimentos.

Este capítulo mostra como esses dois aspectos da física moderna – matemática e experimento – trabalham juntos ajudando-nos a entender as coisas que nós chamamos de movimento.

(CASSIDY, HOLTON, RUTHERFORD, 2002, p. 15)

⁶¹ Por exemplo, situações que podem dar plausibilidade aos elementos abordados, como é comum encontrar nos livros de Feynman, Leighton e Sands (2008).

pode ser visto como uma quebra de contrato didático entre o que está posto no texto e o que se solicita nos exercícios, tendo em vista que essa técnica de resolução de exercícios não foi explanada de forma explícita. A resolução dos exercícios requer o emprego de derivadas de x com relação a t , para que se possa analisar a equação resultante em função dos sinais (positivo ou negativo) e da possibilidade da velocidade variar ou não. Essa análise não se constitui como obstáculo entre a tecnologia e a prática de seu emprego para um indivíduo que já adquiriu essa técnica, tendo vivenciado, antes do momento do trabalho da técnica, as *aulas de problemas* nas quais são dados exemplos de aplicação em distintos tipos de tarefas. Esse exemplo de aplicação é encontrado no *exemplo 2-3* (no final da página 20), ou seja, solicita-se uma solução para um problema cujo exemplo de resolução é dado somente depois, e ainda assim, isso é feito por meio de uma questão cuja prática é muito comum no ensino médio, se consideramos a dinâmica de sua resolução; deriva-se a equação da posição com relação ao tempo e, após, substitui-se o valor dado do tempo na única variável que existe na equação, tendo o resultado da velocidade.

No tópico 2-6 são definidos os conceitos de aceleração média, e de aceleração instantânea cuja exploração, leva à dedução de sua relação com a posição e com o tempo. Essas *técnicas* para análise numérica das acelerações envolvidas em certos movimentos são justificadas pelos discursos da *tecnologia* tais como: “quando a velocidade de uma partícula varia, diz-se que a partícula sofreu uma aceleração (ou foi acelerada)”, “a aceleração de uma partícula em qualquer instante é a taxa com a qual a velocidade está variando nesse instante”, “graficamente, a aceleração em qualquer ponto é a inclinação da curva de $v(t)$ nesse ponto”, “a aceleração de uma partícula em qualquer instante é a derivada segunda da posição $x(t)$ em relação ao tempo” (p. 21).

Resumimos os dados levantados da seguinte forma: não há transição didática entre o momento do primeiro encontro e o momento exploratório e entre o momento exploratório e o momento tecnológico-teórico. Ao invés de dispositivos didáticos para que a compreensão dos elementos expostos seja possível, pode haver a criação de fenômenos didáticos que resultam de uma confusão entre o que é estudado e o que é imaginado, entre o que é ensinado e o que é aprendido; as razões histórico-conceituais para que as definições sejam coerentes com a realidade são inexistentes nos processos lógicos utilizados nos manuais.

Além disso, as teorias da Física estão dispersas entre os tópicos e capítulos e não há em nenhum momento a apresentação com o objetivo

de relacioná-los, permitindo uma visão global e coerente das teorias da Física.

3.9 SOBRE FENÔMENOS DIDÁTICOS ORIGINADOS EM UMA ESTRATÉGIA TRADICIONAL DE ENSINO DE FÍSICA

Definimos como fenômenos didáticos todas as concepções formadas pelos estudantes em função das características didáticas existentes nas estratégias de ensino adotadas. Chevallard, Bosch e Gascón (2001) apontam para muitas incompreensões de estudantes com relação ao conteúdo de matemática que muitas vezes são explicadas por consideração de aspectos externos às especificidades da disciplina, envolvendo questões de ordem social, psicológica ou pedagógica; no entanto, ele sugere que estas incompreensões são resultado de uma didatização que não considerou o estudo da estrutura da própria disciplina, o que remete ao fenômeno didático traduzido por meio de sua incompreensão.

Nas tabelas apresentadas no apêndice 2, que organizam e sintetizam a praxeologia (tipos de tarefas/técnica/tecnologia/teoria), disposta nessa tese, incluímos duas características dos textos que podem estar formando concepções sobre o trabalho científico. Com as denominações de empirismo e racionalismo procuramos mostrar que no texto há momentos em que é possível entender que observações levam a leis e enunciados; por outro lado, há também momentos em que é possível entender que pensamentos levam a leis e enunciados. Esses dois aspectos levantados dos textos têm em comum o fato de não conter discussões sobre a gênese do conhecimento e, portanto, cientistas podem ser vistos tanto como empiristas como racionalistas, não parecendo possível construir uma concepção dualista racional-empírica, no sentido de que tanto a mente quanto a realidade empírica estão presentes na origem das obras humanas científicas.

É preciso deixar claro que não estamos apontando que os manuais são ora empiristas, ora racionalistas, mas que as estratégias didáticas utilizadas pelos autores podem provocar nos estudantes a formação de uma concepção equivocada sobre o *fazer científico*, no que tange à gênese do conhecimento. Poderia ser diferente se os manuais apresentassem discussões a respeito de como os cientistas chegaram a elaborar as teorias contextualizando suas atividades do ponto de vista social, histórico, subjetivo e analítico.

Dessa forma, a didática tradicional dos manuais pode levar a um fenômeno didático sobre a gênese do conhecimento: a de distorcer a

didática do tópico anterior para este⁵⁸, podendo levar ao fenômeno didático “Apresentação estanque da Física”.

Como os alunos podem compreender o processo de construção do conhecimento sem argumentações que dizem respeito ao seu próprio funcionamento global? Como os conteúdos podem ser desenvolvidos ao longo dos capítulos, sem que haja compreensão de como os conceitos, leis, noções (como o de simetria, por exemplo), estão relacionados entre si, enfim, de como os fundamentos são elaborados para o estudo daquele tema? Sem a compreensão das relações teóricas que permitem o prosseguimento do estudo da Física, como é possível complexificá-lo e dar coerência ao corpo do saber que é ensinado? Nesse sentido, os autores de *Lectures on Physics* alertam que primeiro devemos ter um maior conhecimento sobre um objeto para que complicações sejam introduzidas (FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS, 2008, p. 8-2). Seria o caso de propor questões sempre com um grau crescente de dificuldade, onde já é possível certa compreensão do objeto em estudo; esta é uma das atividades a serem desenvolvidas no momento da organização do conhecimento, segundo momento dos três momentos pedagógicos (DELIZOICOV, ANGOTTI, 1992, p. 30).

O manual destaca neste tópico, as noções de **origem, sentido positivo** e **sentido negativo** do eixo que indica a posição da partícula; fornece um exemplo para localizar as noções definidas, e segue com a explicitação de uma **técnica** simples para execução de um **tipo de tarefa** “ache a posição ou calcule o **deslocamento** de uma partícula”: $\Delta x = x_2 - x_1$ (equação 2-1; técnica 2-1). A seguir, define **módulo** e **grandeza vetorial**, e um teste (tarefa) é proposto (teste 1, apêndice 6, p.267).

Trata-se do tipo de tarefa “calcule”, cuja resolução exige aplicação direta da técnica exposta (2-1) para determinação do deslocamento, seguida da análise referente ao sentido positivo ou negativo, previamente definidos.

Assim, são dadas definições⁵⁹ e uma equação⁶⁰ é exposta para o cálculo do deslocamento de uma partícula, mas não é citada nenhuma

⁵⁸ Os autores poderiam observar, por exemplo, que movimentos são definidos por mudanças espaciais, ou seja, mudanças nas posições que determinam deslocamentos, e que estas (mudanças) só podem ser determinadas depois de definidas as referências para as quais existe movimento.

⁵⁹ Definições de: posição, deslocamento, origem, sentido positivo, sentido negativo, módulo e grandeza vetorial.

⁶⁰ A equação é: $\Delta x = x_2 - x_1$

matemáticos”, Galileu disse certa vez (ibid., p. 37).

Portanto, “ao invés de argumentos qualitativos, Galileu invocava a investigação quantitativa de eventos físicos, assim como os físicos fazem hoje” (ibid., p. 38).

Com relação à consideração de objetos como partículas (a terceira condição para o estudo do movimento mencionado neste manual – livro A), Feynman, Leighton e Sands (2008), argumentam o seguinte:

(...) é por isso que começamos com o movimento de pontos; talvez devêssemos pensar neles como átomos, mas é provavelmente melhor ser mais grosseiro no começo e simplesmente pensar em algum tipo de objeto pequeno – pequeno, isto é, comparado com a distância movida. Por exemplo, ao descrever o movimento de um carro que está andando uns 160 quilômetros, não precisamos distinguir entre a frente e a traseira do carro. Para ter certeza, existem pequenas diferenças, mas para propósitos mais rudes dizemos “o carro”, e igualmente não importa que nossos pontos não sejam absolutamente pontos; para os nossos presentes propósitos não é necessário ser extremamente preciso. (p. 8-1)

Assim, as imersões históricas e didáticas às quais fizemos referência mostram que elas podem contribuir para dar sentido às imposições sugeridas pelo texto com relação ao estudo dos movimentos. Nossos argumentos procuram dar sequência à consideração de que o detalhamento dos elementos utilizados na ciência não deve ser visto como suplementar, mas necessidade básica para o ensino científico.

4.1.3 Posição e Deslocamento

Entre os elementos necessários para o estudo do movimento encontramos a *posição* e o *deslocamento*, embora o texto não explicita as relações entre estes e o movimento em si, ou seja, não há transição

forma com que cientistas trabalham na elaboração do saber.

As duas caracterizações na elaboração do conhecimento físico encontradas nos textos podem levar a outro fenômeno didático. Quando o texto indica um viés racionalista por meio de definições ou enunciados sem justificativas prévias para tal, as elaborações parecem ser formadas por um indivíduo incomum, cuja genialidade é evidente ao perceber que suas teorizações condizem com a realidade. Da mesma forma, quando a partir de observações de fenômenos cotidianos, as definições e enunciados são elaborados, indicando um viés empirista, isso pode levar à concepção de que somente um sujeito excepcional tem condições de fazê-lo.

Portanto, é possível a formação de outro fenômeno didático, a de que os cientistas são dotados de genialidade sem a qual não poderia construir obras científicas. Este fenômeno didático talvez impossibilite que a maioria dos estudantes tenha a motivação para se tornar cientistas no futuro.⁵⁵

Sugerimos a formação de outro fenômeno didático na didática tradicional do manual de Física. Como apontamos nas análises e nas tabelas (do apêndice 2), a introdução aos temas nos capítulos são feitas prioritariamente situando a Física como uma obra humana cujo objetivo é sua aplicação cotidiana ou tecnológica. O fenômeno didático “*Física é Ciência puramente Aplicada*” pode ser desenvolvido entre os estudantes.

Além disso, a complexa relação entre ciência aplicada e tecnologia, não sendo discutida nos textos, pode levar a uma série de relações tal como a de que a ciência é obra cuja atividade só tem sentido se vista através de um viés pragmatista.

Também há possibilidade de formação de outro fenômeno didático: a de formar a concepção de que a Física atual adota uma postura dogmatista segundo a qual outros quadros teóricos que existiram ou existem, alguns historicamente mais afastados outros que inclusive estão sendo discutidos na academia, não têm o potencial que tem a Física atual de dar conta da interpretação dos fenômenos naturais e, portanto, não são sequer citadas nem para que sejam postas por meio de uma análise crítica.

Assim, o que parece acontecer nos manuais é a apresentação de uma Física acabada, correta, da qual não se deve fazer críticas nem dela desconfiar sem correr o risco de ser academicamente rechaçado, o que a

⁵⁵ Por outro lado, é possível que alguns estudantes queiram se tornar cientistas para se tornarem protagonistas desse imaginário. Contudo, mesmo nesse caso, o estereótipo é mantido e provavelmente reproduzido.

aproxima de uma visão epistemológica de viés dogmatista.

Outro fenômeno didático que pode ser elaborado pelo estudo dos manuais de Física é a de que as teorias foram edificadas sem a motivação para a busca de respostas a certas problematizações. As questões que incomodavam os cientistas, como já apontamos, não estão presentes e, portanto, não há busca de respostas. O fenômeno didático que pode ser elaborado é de que o olhar atento à natureza permitiu construir um conhecimento científico sem que problemas iniciais de alguma forma guiassem essa procura.

O formato em que a Física é apresentada também dá brechas para formação de outro fenômeno didático: a de que se não há equações não há física. Nosso levantamento permitiu inferir que os manuais apresentam as tecnologias (definições, enunciados, leis) e buscam alcançar as equações (as técnicas) para que, a partir delas, determinados problemas possam ser resolvidos (exemplificados por meio da resolução de alguns problemas). Se nos manuais, essa é a estrutura seguida, que percepção terá o estudante sobre a natureza da Física?

Outro ponto que pode ser incorporado como um fenômeno didático é o delineamento de uma Física caracterizada por conter leis, enunciados, equações ou teorias estanques, resultado de uma apresentação que não possui o objetivo de integrar os distintos saberes presentes entre os diversos temas dispersos nos manuais.

Apesar desse levantamento com relação à formação de fenômenos didáticos provocados pela didatização tradicional dos manuais, essas análises só têm sentido se adotarmos como princípio a possibilidade do desenvolvimento, no curso da formação do professor, de um espírito crítico que possa ser capaz de refletir sobre as nuances que foram sendo incorporadas. Por exemplo, de que forma a necessidade de matematização pode estar relacionada com a ideia do que é ser objetivo e lógico, e como as competências cognitivas conquistadas se ligam aos sentimentos vinculados com o campo da física?

3.10 SOBRE A PRESENÇA DOS FENÔMENOS DIDÁTICOS NA LITERATURA DA ÁREA: UM OLHAR VOLTADO À ESPECIFICIDADE DISCIPLINAR

3.10.1 Empirismo e racionalismo

Há na literatura muitas pesquisas apontando que tanto alunos, de variados graus de ensino, quanto professores têm concepções empiristas

Agora que sabemos a leitura da posição que corresponde a cada tempo (e vice-versa), nós podemos tentar ver se há alguma relação entre eles. Isto é o que frequentemente os cientistas tentam fazer: estudar eventos em uma tentativa de ver padrões e relações na natureza e, em seguida, tentar explicá-los usando conceitos e princípios básicos. A fim de tornar a discussão um pouco mais fácil, os cientistas geralmente substituem símbolos neste ponto para medições diferentes, como um tipo de forma abreviada. Este atalho é também muito útil, uma vez que os símbolos aqui e muitas vezes mais tarde serão encontrados para seguir a “linguagem” matemática. (ibid., p. 20)

Discorre-se sobre a matemática na ciência como aquilo que tem sido pensado pelo menos desde os filósofos gregos e que continua sendo a forma de pensar dos cientistas de hoje; as regras da matemática e suas manipulações são colocadas como uma das grandes descobertas da revolução científica, a de relacionar a realidade com a interpretação que se faz dela, muito embora essa ideia remonte a Platão e aos Pitagóricos (p. 20).

A atividade científica atual também busca contemplar a matemática, as pesquisas empíricas, buscando as relações entre os saberes teóricos e a realidade, artifícios não encontrados no arcabouço de Aristóteles (CASSIDY, HOLTON, RUTHERFORD, 2002, p. 12).

Assim sendo, os autores de *Understanding Physics* afirmam:

O que fez Galileu diferente de muitos de seus predecessores, especialmente daqueles que seguiram Aristóteles, e possibilitavam seu avanço, é sua descoberta de que a experimentação é a maneira correta de investigar a natureza, e que a matemática é a linguagem adequada para compreender e descrever as leis da física” (ibid, p. 37): “o livro da natureza é escrito em símbolos

no texto introdutório, serão agora aprofundados” (ibid., p. 29). Em nossa compreensão esse momento será melhor aproveitado quando todos esses conceitos e noções referentes ao tema escolhido são apresentados pelo olhar histórico, pela discussão de sua evolução conceitual.

Nesse ponto, referindo-se ao terceiro momento⁵⁷, os autores afirmam: “pretende-se que, dinâmica e evolutivamente, o aluno perceba que o conhecimento, além de ser uma construção historicamente determinada desde que apreendido, é acessível a qualquer cidadão, que dele pode fazer uso” (DELIZOICOV, ANGOTTI, 1992, p. 31).

Destoando com a sugestão desses autores, o item sobre movimento tratado no *livro A* apresenta algumas questões iniciais para esse estudo (“O que exatamente deve ser medido? Com que deve ser comparado? O objeto está se movendo cada vez mais depressa, cada vez mais devagar, ou o movimento mudou de direção? Se o movimento está mudando, esta mudança é brusca ou gradual?”), mas por meio de uma perspectiva quantitativa, sem questionar primeiro o que vem a ser o próprio movimento em si, fazendo com que as contingências qualitativas da noção não fossem consideradas; nesse sentido, Cassidy, Holton e Rutherford (2002) afirmam: “Entender o que é movimento, como ele pode ser descrito, e por que ele ocorre, ou não ocorre, são questões essenciais para entender a natureza do mundo físico” (p. 15).

Com relação às condições impostas para o estudo do movimento – as limitações indicadas como intrinsecamente necessárias, mesmo que as razões para isso não sejam trabalhadas –, Cassidy, Holton e Rutherford (2002), em contraposição, ao analisar um disco em uma superfície horizontal, plana e com tão pouco atrito quanto possível, como uma situação útil para estudar objetos em movimento, proporcionam explicações que levam ao entendimento de que a ausência do atrito pode eliminar uma complicação no estudo deste tema, pois “a fricção é uma força que impedirá ou alterará o movimento” (p. 19).

O experimento (fotografado) de um empurrão em um disco sobre superfície lisa é explicado em detalhes, indicando cada pormenor de sua sequência, e permitindo compreender os por quês de cada passo dado (p.19-20). Após os experimentos, os autores fazem o seguinte apontamento (inferência): “nós podemos ver que para cada posição lida do disco, gravada no filme, há um tempo específico, e para cada tempo há uma leitura de posição específica” (p. 20). E cuidadosamente convida o estudante para pensar a esse respeito:

⁵⁷ Terceiro momento dos três momentos pedagógicos, denominado *aplicação do conhecimento* (DELIZOICOV, ANGOTTI, 1992).

sobre o fazer científico. Elas, contudo, não são unânimes, encontramos aquelas que, também em pesquisas empíricas, inferem que os estudantes de ensino médio e universitário, possuem concepções de que a ciência é uma atividade essencialmente racionalista (ARCANJO-FILHO, MARTINS, GUTTMANN, BRAGA, 2009).

Gomes e Bellini (2009) alertam: “não se iluda o leitor de que a visão empirista-racionalista esteja ausente do meio científico...”; “vários estudos têm demonstrado que a visão epistemológica da grande maioria dos professores é empirista ou racionalista” (p. 8).

Resultados de pesquisas apontando que os estudantes têm concepções racionalistas ou empiristas sobre a gênese do conhecimento podem ser explicados pelas análises do processo de ensino no qual os estudantes estão ou foram envolvidos; em outros termos, esses resultados podem ser explicados por via das análises da praxeologia disciplinar utilizada na formação de seus pressupostos, o que significa que o caminho trilhado pelos alunos sugere mesmo às vezes inconscientemente, a constituição de certos pressupostos.

Os manuais contêm momentos em que se sobressai um viés racionalista, no sentido de que as definições, leis ou enunciados são postos sem prévia discussão sobre a consistência interna que levou os cientistas a suas elaborações. Em outros momentos, se sobressai um viés empirista, no sentido de que as observações cotidianas quando feitas com cuidado levam à elaboração de outras definições, leis ou enunciados. Não há, entretanto, uma discussão crítica a respeito das possíveis relações sobre os fundamentos lógicos da origem do conhecimento, não permitindo que se desenvolva uma reflexão sobre cada uma dessas “escolas epistemológicas”.

Um posicionamento crítico, por exemplo, é encontrado em Hessen (2000). Este autor acrescenta na análise da origem do conhecimento o fator psicológico segundo o qual tanto o racionalismo quanto o empirismo são falsos (p. 47).

Assim, se o racionalismo deriva tudo do pensamento e o empirismo deriva tudo da experiência, devemos contrapor a ambos os resultados da psicologia que apontam para uma mescla de conteúdos intuitivos e não-intuitivos na consciência, para uma atuação conjunta de fatores racionais e empíricos no conhecimento humano. (HESSEN, 2000, p. 47)

Nesse sentido, “tanto a experiência quanto o pensamento tomam parte na produção do conhecimento” (ibid., p. 48).

3.10.2 Cientista é um gênio

Algumas pesquisas apontam que para os estudantes os cientistas são indivíduos intelectualmente dotados e têm comportamentos não muito comuns na sociedade. Por exemplo, em pesquisa empírica com estudantes de terceiros anos do ensino médio, os autores indicam que os alunos que dela participaram têm “a noção de que Einstein foi um gênio e um excepcional cientista, privilegiado por um cérebro inigualável” (RODRIGUES, YAMAZAKI, 2009, p. 4).

Também Souza e Araújo (2007), em pesquisa empírica com alunos do nono ano do Ensino Fundamental, apontam que os alunos “crêem que Ciência é coisa para poucas pessoas privilegiadas, assim como possuem uma imagem equivocada e estereotipada em relação aos cientistas”. Apresentam também conceitos inadequados quanto ao Método Científico, acreditando, a maioria, que ela é uma seqüência de regras e passos pré-estabelecidos, que levam a resultados inquestionáveis, especialmente quando estes vierem acompanhados da frase “cientificamente comprovado”, que assegura plena confiabilidade ao produto” (p. 11).

Omena, Silva e Cavalari (2011) em pesquisa empírica com professores do Ensino Fundamental concluem que maioria dos estudantes tem a visão estereotipada do cientista como gênio e antissocial.

Autores de outra pesquisa empírica, com estudantes de terceiros anos de Ensino Médio, afirmam:

Aos estudantes são impostos teoremas, conceitos, equações e leis que parecem surgir do nada, ou melhor, da mente brilhante de um cientista, e distante da realidade que ele vive. A visão difundida de cientista com um ser entre o limiar da loucura com a razão, com seu jaleco branco, de aparência descuidada e hábitos extravagantes povoa a mente dos estudantes que enxergam todos os conceitos apresentados como obra de sorte ou da genialidade de apenas uma pessoa. (LARA *et al.*, 2013, p. 3)

Segundo Ribeiro e Martins (2007, p. 298):

aluno a compreensão da necessidade do conhecimento científico para o estudo do movimento, e nem de entender como e por que seu quadro teórico foi historicamente formulado. Nesse sentido, a formação do fenômeno didático “não existem questões iniciais” torna-se um obstáculo para aprendizagem do aluno.

4.1.2 Movimento

O capítulo 2 apresenta questões iniciais referentes à cinemática e algumas condições (ou limitações) para abordá-las (apêndice 6, p.267).

Nota-se, portanto, que apesar do capítulo iniciar com certas questões para serem respondidas, a sequência é feita por meio da inserção de limitações ao estudo e por conceituações que farão parte do esboço a ser percorrido. Em outros termos, não há *construção* dos elementos e métodos que podem ser utilizados para a busca das respostas em torno dos quais o raciocínio, a lógica e a plausibilidade talvez sejam alcançados pelos estudantes. Nesse sentido, o processo didático percorre uma linha de raciocínio que leva consigo uma postura dogmática, resultado do que denominamos como “Física é dogmatista”.⁵⁶

Por exemplo, por que são impostas aquelas limitações ao estudo, e como foram elaboradas? Elas seriam, de fato, necessárias? A ausência de respostas pode fazer com que o estudante tenha que memorizá-las para que consiga prosseguir com o estudo. Elas instalam-se como condições *a priori*, não sendo, no entanto, introduzidas como efeitos de investigações empíricas naturais ou condições racionais que procuram simplificar o estudo e permitem elaborar certo conhecimento sobre o fenômeno, mas parecem ser apenas situações pensadas arbitrariamente que auxiliam o estudo do tema *movimento*.

Essa estrutura didática dificulta ou talvez não permite que o *momento da organização do conhecimento*, segundo dos *três momentos pedagógicos*, seja contemplada. Neste momento “a compreensão do tema central (neste caso, o movimento) e da problematização inicial [devem ser] sistematicamente estudados...” (DELIZOICOV, ANGOTTI, 1992, p. 29). Afinal, “definições, conceitos, relações, leis, apresentadas

⁵⁶ Pensamos que é fundamental entender e que, portanto, nunca é demais observar, que os fenômenos didáticos são percepções resultantes de um processo didático vivenciado que, pelas suas características implícitas (de)formam concepções epistemológicas e pedagógicas, ou seja, concepções sobre o saber a ensinar e sobre como ensinar esse saber.

Situações vividas pelos cientistas podem ser vinculadas a situações reais dos alunos, dando sentido aos problemas até para que eles possam compreender as motivações que fizeram com que os cientistas procurassem responder a determinadas questões. Essas situações só podem se constituir como situações vinculadoras quando há elementos que as façam transitar entre elas, ou seja, quando há conceitos unificadores que as tornam situações unificadoras.

Porém, a problematização das concepções do senso comum adquiridas na vida diária, também pode auxiliar no aumento do interesse e da aprendizagem, pois, através dela, o estudante pode perceber as limitações de seus pontos de vista e das suas estratégias de enfrentar certos problemas cotidianos. Esse trabalho didático-pedagógico é definido dentro da proposta dos três momentos pedagógicos (DELIZOICOV, ANGOTTI, 1992). Segundo os autores,

... a problematização poderá permitir que o aluno sinta necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detêm; ou seja, a situação ou questão se configura para ele como um problema para ser resolvido. Daí a importância de se problematizarem questões e situações. (DELIZOICOV, ANGOTTI, 1992, p. 29)

Dessa forma, podem existir problemas de ordem histórica e problemas do cotidiano dos estudantes, e ambos podem estar presentes no modelo didático adotado pelos livros textos.

De maneira distinta, no livro analisado, livro A, não existe de forma materializada a preocupação com relação à problematização da realidade vivenciada pelo aluno e de suas formas particulares de ver essa realidade, o que pode obstaculizar a percepção da necessidade de outros conhecimentos, ou, como afirma Chevallard, Bosch e Gascón (2001), de “mais conhecimento”.

Soma-se à falta de problematização da realidade do aprendiz a problematização historicamente contextualizada, que fornece uma situação a partir da qual pode ser possível compreender as razões lógicas e subjetivas que levaram os cientistas e outros personagens envolvidos no contexto da descoberta a determinadas ações que culminaram no conhecimento científico atual.

Concluimos, portanto, que *o saber a ensinar* (CHEVALLARD, 2009), do capítulo 2 do livro A não apresenta questões que permitem ao

Essa cultura do cientista herói (...) contribui para reforçar a idéia de que a ciência é muito mais um resultado da ação de alguns indivíduos, que trabalham necessariamente isolados, do que um produto que resulta do trabalho de várias pessoas, que tanto podem cooperar ou concorrer entre si.

Elas afirmam que trata-se de “... um estereótipo muito presente no imaginário popular: um sujeito genial, sábio e capaz de oferecer grandes contribuições para diferentes áreas do conhecimento humano” (RIBEIRO, MARTINS, 2007, p. 305).

Vivenciar essa “cultura sobre o cientista” desde a infância percorrendo toda a adolescência pode estar proporcionando o enraizamento desse imaginário, dificultando as mudanças requeridas nos cursos superiores.

Os manuais também contribuem com esse estereótipo do cientista na medida em que apresentam a ciência sem permear uma lógica com relação às suas origens, pois as leis, definições e enunciados parecem advir de um sujeito de fato genial capaz de perceber relações que levam a essas elaborações.

3.10.3 Física é ciência aplicada (pragmatista)

No ensino das disciplinas científicas, “a ciência tende a se revestir de um caráter utilitarista e pragmático” (SENICIATO, SILVA, CAVASSAN, 2006, p. 99), aspecto que é encontrado nos manuais e que problematiza a formação dos estudantes com relação à visão que eles obtêm *sobre* as ciências.

Segundo Andrade, Zylbersztajn e Ferrari (2002, p. 5) “o *conhecimento pragmático* traduz-se na procura do caráter utilitário de um fenômeno como princípio de explicação”; característica que pode ser visualizada nos manuais quando ao introduzir os capítulos se faz referência aos aspectos práticos proporcionados pelo desenvolvimento do tema em questão. Afinal, como os autores argumentam:

No conhecimento científico atual, toda observação está impregnada de teoria – é precedida de um problema, de uma hipótese, de algo especulativo. Não radica em evidências do senso comum, mas em construções, tentativas, modelos teóricos de aproximação à realidade, que exigem o

desenvolvimento de pensamentos divergentes e um rigoroso controle das hipóteses avançadas. (ANDRADE, ZYLBERSZTAJN, FERRARI, 2002, p. 6)

Os autores recorrem à epistemologia de Bachelard, e afirmam que “há uma grande ruptura entre o conhecimento científico e o conhecimento comum”, e que “enquanto o conhecimento vulgar permanece ligado a princípios empiristas de generalidade, de utilidade, de finalismo, o conhecimento científico está cada vez mais ligado a princípios racionais, é cada vez mais teórico” (ANDRADE, ZYLBERSZTAJN, FERRARI, 2002, p. 6).

3.10.4 Física é dogmatista

Os manuais de Física são obras que tem a função de apresentar a ciência por meio de uma transposição didática, tornando o saber sábio em saber a ensinar, como afirma Pinho Alves (2000):

Enquanto o saber sábio apresenta-se ao público através das publicações científicas, o saber a ensinar faz-se por meio dos livros-textos e manuais de ensino. Os livros textos exibem o saber a ensinar, agora como conteúdo, em uma formatação organizada, dogmatizada, a-histórica. Estes atributos configuram-se em conteúdos fechados e ordenados, de aspecto cumulativo e linearizado, que resultam em uma lógica seqüencial que se reconstitui em um novo quadro epistemológico, totalmente diferente daquele que gera o saber sábio. (PINHO ALVES, 2000, p. 49)

Além disso, o autor afirma que “ao professor cabe o papel de criar um ‘cenário’ menos agressivo ao dogmatismo apresentado pelos livros textos” e que “mesmo submetido às pressões dos grupos de sua esfera, o professor deve buscar a criação de um ambiente que favoreça o rompimento com a imagem neutra e empirista da Ciência, veiculada através dos manuais e livros didáticos” (PINHO ALVES, 2000, p. 51).

Para Assis e Teixeira (2003), “o uso de textos com abordagens históricas pode permear a superação da visão dogmática dos conhecimentos físicos, bem como a percepção da ciência como trabalho humano, o que pode motivar o aluno para o estudo da disciplina”

De forma distinta, a questão “O que é Física?”, referente ao saber hoje conhecido como cinemática, poderia estar introduzindo reflexões tendo como base o fenômeno do movimento e as vantagens em estudá-lo para melhor compreender os fenômenos naturais.

Por exemplo, em Cassidy, Holton e Rutherford (2002) lemos: “Por que estudar movimentos? Porque tudo ao nosso redor está em movimento. Entender o que é o movimento, como ele pode ser descrito, e porque ele ocorre, ou não ocorre é, portanto, essencial...” (p. 15).

Em Feynman, Leighton e Sands (2008), também o fenômeno do movimento é introduzido como componente básico que deve ser compreendido para o estudo de fenômenos naturais. Os autores afirmam:

Com o objetivo de achar as leis que governam as várias mudanças que acontecem nos corpos conforme o tempo passa, devemos ser capazes de descrever as mudanças e ter alguma maneira de gravá-las. A mudança mais simples que pode ser observada em um corpo é a aparente mudança de sua posição com o tempo, que chamamos de movimento. (FEYNMAN, LEIGHTON, SANDS, 2008, p. 8-1)

Embora esses saberes de referência apontem questões referentes ao fenômeno em si, movimento, e não a suas possibilidades de engenhosas aplicações tecnológicas, como faz o livro A, outros elementos podem estar presentes no processo de ensino a fim de potencializar tanto o interesse em aprender, como a própria aprendizagem da Física.

Nesse sentido, questões que visam contextualizar a época dos cientistas que inicialmente trataram dos temas a ensinar (movimento), podem objetivar o entendimento do fenômeno *movimento* por meio da problematização que naquele momento histórico visava ser respondida. Essas questões podem fornecer razões racionais aos interesses científicos que deram origem aos atuais conceitos da área, impedindo a edificação de concepções formadas pela fenomenologia didática vivenciada, primeiro nas escolas de ensino básico, depois nos cursos de formação inicial, e, por último, no trabalho docente diário.

CAPÍTULO 4

EXEMPLARES E SABERES DE REFERÊNCIA: CONTRAPOSIÇÕES COM OS FENÔMENOS DIDÁTICOS

4.1 ANÁLISE DO CAPÍTULO 2 DO LIVRO A

Esta análise é feita seguindo sistematicamente os tópicos do capítulo 2 do livro A; assim, os tópicos aqui destacados são os mesmos do livro (vide apêndice 6, p. 266-275).

Deve-se prestar especial atenção para este capítulo, pois ele será utilizado como um exemplo para posteriores inferências quando das análises de outros capítulos dos manuais. Portanto, a contraposição com os saberes de referência será feita somente neste capítulo, tendo em vista a extensão das considerações feitas em capítulos subsequentes.

Dessa forma, este capítulo pode ser considerado como um *padrão de análise* de todos os outros, auxiliando os apontamentos que serão efetuados em outros capítulos.

As análises deste capítulo e a contraposição com os *exemplares* e os *saberes de referência* foram feitas para que verificássemos a hipótese de que há uma didática tradicional nos manuais de Física que se contrapõe às “sugestões” de uma “didática” tal como as expostas nos *saberes de referência*, nos *exemplares*, e na própria Teoria Antropológica do Didático. Temos como pressuposto que estes são estruturadores potenciais de um ensino de Física que pretende ser formador de indivíduos que possam compreender os meandros do fazer científico e que desenvolvam um espírito analítico crítico.

4.1.1 Sobre a Introdução ao capítulo: por uma física aplicada?

A introdução ao capítulo sob o título “O que é Física?” nota que será feito um estudo sobre “a física básica do movimento” em linha reta. No entanto, a exemplificação é feita através da citação de suas aplicações, seja em atividades profissionais (do engenheiro, do médico, do geólogo), seja em situações cotidianas (apêndice 6, p. 266-67).

Assim, a dimensão prática a que se refere essa introdução pode estar formando a percepção de uma ciência preponderantemente utilitarista, o que parece estar apontando para incorporação da percepção de que a única função da Física é sua aplicabilidade, ideia que subjaz ao fenômeno didático “Física é ciência aplicada (pragmatista)”.

(ASSIS, TEIXEIRA, 2003, p. 7). Congruente com essa perspectiva com relação à história da ciência, Martins (1998) aponta para a necessidade de “buscarmos práticas interdisciplinares que invertam a tendência massificadora, doutrinadora, dogmática e compartimentalizada presente na educação tradicional” (p. 53).

Os manuais de Física analisados são estruturados através de um viés dogmático quando ao abordar o desenvolvimento de uma teoria em particular não o faz por meio da apresentação das distintas formas com que ela pôde ser, ao longo da história, explicada em detrimento de outras teorias concorrentes. Se, ao estudar os fenômenos naturais, intrincadas relações entre experiências e teorizações acontecem, estas não podem estar ausentes em seu ensino, sem que o custo disso seja uma formação distorcida do processo.

3.10.5 Física é uma obra acabada

Os manuais analisados apresentam uma Física acabada, não permitindo abrir-se para discussão em torno de seus pressupostos ou da realidade inerente às suas conclusões. Apresentam uma Física fechada, como se fosse uma verdade incontestável, resultado do trabalho de indivíduos dotados de incrível genialidade.

A Física é uma disciplina que hoje em dia continua a ser praticada em muitos centros e laboratórios por numerosas pessoas, porque há ainda muito mundo físico para se descobrir. Esse fato devia também fazer parte do discurso pedagógico: A escola média, em particular, devia transmitir que a Física não está de modo nenhum acabada e que nem um físico tão genial como Einstein conseguiu pôr termo à Física. Einstein e Feynman acreditavam, tal como muitos físicos, que a Física nunca terá fim (FIOLHAIS, 2005, p. 14)

Como pode ser elaborada a visão de uma ciência caracterizada por uma dinamização constante, para a qual contribuem inúmeros cientistas, motivados de diferentes maneiras, sem que os aspectos analíticos, contextuais, sociais e aqueles que dizem respeito às suas motivações sejam postas como elementos reais da vida de um cientista? Como é possível construir uma imagem de ciência como conhecimento permeado por discussões, controvérsias, hipóteses e distintas teorizações

que disputam entre si sem que todos esses aspectos sejam apresentados e discutidos?

3.10.6 Não existem questões iniciais

Os manuais não apresentam os temas ou conteúdos utilizando-se de problematizações para as quais se buscam soluções. Às vezes são descritas algumas situações cotidianas que levam a leis ou definições, e em outros casos estas são postas inicialmente sem justificativas prévias, como já nos referimos.

Essa característica dos textos pode levar a alguns fenômenos didáticos tendo em vista a possibilidade da defesa do argumento de que a ciência se constrói por descrições sem o compromisso da procura de respostas a certos problemas.

Com relação a esse ponto, para Bachelard (1996), o ensino deve começar tal como a atividade científica, por meio de problematizações, tal como afirmam as autoras a seguir, referindo-se à epistemologia bachelardiana:

O espírito científico pode construir respostas para as suas perguntas à medida que é problematizado. A elaboração dessa resposta insere o sujeito em um processo de pesquisa no qual ele percorre um longo caminho para construir o conhecimento científico que requer a ruptura com os conhecimentos primeiros, resultantes das interações cotidianas do sujeito com a sua realidade concreta. (HONORATO, MION, 2009, p. 2)

Ao contrário, no ensino que não considera a procura de respostas a problematizações, pode acontecer a formação de alunos passivos e acrílicos, como apontam Camargo e Nardi (2003):

Nessa abordagem tradicional, os conteúdos são *passados* aos alunos, que os *recebem* passivamente, sem geralmente *questioná-los* ou *discuti-los*. O professor, por sua vez, tem dificuldade em levar os alunos a problematizarem esses conteúdos, uma vez que reproduz o ensino que *recebeu* na sua formação, também tradicional (BEJARANO, 2001; CHARLOT, 1986;

uma abordagem que leve em conta os aspectos estruturais tanto quanto os aspectos não formais, além do reconhecimento enquanto produto de um processo histórico” (p. 35).

A autora, que analisou livros de terceiro grau mais utilizados nas universidades com relação ao conteúdo de eletrostática, aponta que “a maioria dos livros textos não apresenta o conhecimento abordado levando em conta todos os seus aspectos, o que dificulta sobremaneira a apreensão do mesmo pelo aluno” (ibid., p. 35).

Ela aponta também que o conhecimento é abordado de forma linearizada, sem mencionar as contradições que ocorreram ao longo do tempo e nem os aspectos que dizem respeito à dimensão subjetiva:

A falta de ênfase nos aspectos estruturais da física impede que suas partes sejam reconhecidas enquanto integrantes de uma unidade mais abrangente. Ao mesmo tempo, o não reconhecimento da existência de uma dimensão mais subjetiva do conhecimento inibe a criatividade ao negar a construção de imagens da natureza associadas aos conceitos. (ibid., p. 37)

Assim, tal como Hosoume e Oliveira (2012), também Pregnotatto (1999) aponta para as questões estruturais da Física e de sua apreensão pelos alunos por meio do ensino universitário e, de forma particular, pelo estudo dos livros textos utilizados nos cursos de Física, o que se aproxima do levantamento que fizemos para essa pesquisa, segundo o qual os elementos das teorias nos manuais estão dispostos de forma não integrada, o que dificulta a visualização do todo, ou seja, das partes como integrantes de um todo articulado.

Segundo Robilotta (1994) e Salém (1986), as partes da teoria, ou seja, os conceitos e as leis se articulam em torno de equações lógico-matemáticas compondo uma estruturação lógica e interna (HOSOUME, OLIVEIRA, 2012) e, portanto, conhecer implica numa desconstrução, que é feita não somente de forma racional – pois é necessário escolher as partes que serão explanadas –, mas também considerando aspectos sensoriais, numa relação entre sentimento e pensamento, entre intuição e razão (ibid., p. 113).

Dessa forma, Salém (1986) afirma que “o todo articulado dá significado às suas partes”, ou seja, a “teoria é autocontida” (ibid., p. 114). Além disso, as autoras notam que “essa construção de significado, que é racional e, ao mesmo tempo, intuitiva, faz com que o todo seja maior que a soma das partes, ao mesmo tempo em que as partes, justamente por comporem o todo, são ressignificadas e, portanto coexistem articuladas (SALÉM, 1986; KNELLER, 1980)” (HOSOUME, OLIVEIRA, 2012, p. 114). Levando em consideração a disposição das leis, enunciados e equações nos manuais, podemos questionar como as partes apresentadas, sem a externalização das articulações entre elas, são ressignificadas para que o todo, a Física, seja globalmente apreciada.

Segundo as autoras, como a exigência para abstração é grande é preciso ter meios para visualizar o todo: “assim, mais importante que fortalecer as peças de um quebra-cabeça, é importante garantir meios para composição deste quadro (*todo*)” (ibid., p. 119). Elas afirmam que:

Se teoria é um conhecimento estruturado, ou seja, se seus conceitos se articulam para compor um todo, mais importante parece ser garantir a construção dos feixes de relações entre seus objetos, garantindo sua simplificação na construção de seus significados. Esta articulação dos conceitos dentro de uma teoria é o que fortalece a estrutura conceitual, o modelo teórico elaborado. (ibid., p. 119)

A articulação dos conceitos dentro de uma teoria, disciplina, ou mesmo entre distintas disciplinas, pode ser potencializada com os conceitos unificadores (ANGOTTI, 1993; 1991), estratégia didática cuja ação proporciona uma visão global da Física, com seus elementos estruturalmente ou funcionalmente integrados.

Pregolato (1999) sustenta que “um conhecimento como o da física, apoiado em teorias, necessita, para a sua apreensão completa, de

CARVALHO, GIL-PÉREZ, 2001). (CAMARGO, NARDI, 2003, p. 1)

3.10.7 Se não há equações não há física

Com relação à presença das equações nos manuais, ou de forma mais ampla, à matematização, Bishop (2002 *apud* REIS, FRADE, sem data, p. 3) “sugere que a batalha educacional pode estar pautada em experiências de enculturação ou aculturação”, às quais estão ligadas intensivamente aos valores dos professores com relação à matemática e, portanto, são influenciadas pela dimensão afetiva dos indivíduos envolvidos (FRADE, FARIA, 2008, p. 1) – tanto professores quanto alunos.

ZAN *et al.* (sem data, p. 4), argumenta que fatores emocionais são fortemente invocados na interpretação do comportamento dos estudantes em situações de resolução de problemas de matemática; e isso acontece em função da importância que se dá a este tipo de atividade no ensino dessa disciplina.

Os argumentos de Zan *et al.* (sem data) e de Mandler (1984) chamam a atenção para a importância que se alimenta para o uso da matemática e da resolução de problemas por meio dela, e das construções simbólicas, cognitivas e afetivas que se vinculam a essa forma de apresentar ou ensinar a física.

Assim, o emprego da matemática “torna-se critério de cientificidade, na física, na medida em que a incapacidade de expressar propriedades de sistemas em linguagem matemática inviabiliza mesmo a possibilidade de admiti-las como hipóteses para o debate científico” (PIETROCOLA, 2002, p. 89-90). Para Galileu (segundo Paty, 1989, citado por Pietrocola, 2002, p. 93) “a Matemática era concebida como um conhecimento que permitia uma leitura direta da natureza, da qual, precisamente, era a língua”. De forma análoga, para Einstein (1981) “a natureza representa aquilo que podemos imaginar em matemática” (p. 64); ele afirma:

Estou convencido de que a construção exclusivamente matemática nos permite encontrar os conceitos e os princípios que os ligam entre si. Dão-nos a possibilidade de compreender os fenômenos naturais. Os conceitos matemáticos utilizáveis podem ser sugeridos pela experiência, porém em caso algum deduzidos. Naturalmente a experiência se impõe como único critério de utilização de uma construção matemática para a

física. Mas o princípio fundamentalmente criador está na Matemática. (EINSTEIN, 1981, p. 64)

Em um relato de sua juventude, Einstein confessa o seguinte:

Talvez minha intuição não fosse tão desenvolvida no campo da matemática a ponto de diferenciar com clareza o que era fundamentalmente importante, realmente básico, do resto da erudição mais ou menos dispensável. Além disso, meu interesse pelo estudo da natureza era sem dúvida mais forte, e não estava ainda bem claro para mim, apenas um jovem estudante, o fato de que o acesso ao conhecimento mais profundo dos princípios básicos da física depende dos métodos matemáticos mais complexos. Só vim a reconhecer esse fato gradualmente, depois de anos de trabalho científico independente. (EINSTEIN, 1982, p. 14)

Apesar das indicações da matemática como elemento fundamental para compreensão da física, Pietrocola (2002) nos mostra que seu ensino carrega certas especificidades didático-pedagógicas. Ele argumenta que não basta conhecer as matemáticas independentemente de sua utilização para construção dos conceitos físicos, ou, em suas próprias palavras, “não parece que um mero domínio operacional dos conteúdos matemáticos seja capaz de permitir a incorporação de tal habilidade” (p. 105-106). Ele também afirma que: “Nessa direção de muito pouco ou de quase nada, interessa a vivência isolada do aluno no contexto próprio da Matemática, sem um esforço específico de introduzi-lo na ‘arte’ da estruturação do pensamento através da Matemática” (p. 106), o que infere que a estruturação da física pela matemática nas escolas e universidades necessita de especial atenção. Em outros termos, é preciso ensinar como pensar a matemática tendo como objetivo a elaboração da física.

A estruturação matemática da física, inserida no contexto da formação de professores por meio de sua institucionalização, pode ser analisada por diversos filtros, epistemológicos, didáticos, pedagógicos, históricos, psicológicos, tendo em consideração os temas ou elementos da formação acadêmica que foram anteriormente postos. Esses temas ou elementos serão utilizados como problematizadores dos atuais cursos que formam docentes de física.

Somam-se à questão da matematização no campo da física, as

formas com que são incorporados hábitos ou condutas com relação às definições e afirmações, os caminhos percorridos institucionalmente para enculturação (ou seria aculturação?), e para formação discursiva coerente com a área pretendida com a qual pode haver a constituição de uma cultura, a cultura de origem, e de um bom gosto, no sentido de Bordieu. Ao analisar toda essa rede de questões, podemos ainda perguntar de que forma efetivamente a cultura é avaliada no curso da formação e após ser inserido no campo, ou seja, como é feita a regulação para que se possa garantir, nos termos de Bordieu, certo capital?

Para Mandler (1984, citado por REIS, FRADE, sem data, p. 4), três fatores na educação matemática envolvendo afetividade necessitam de pesquisas a fim de aprofundá-los: as crenças sobre a disciplina (matemática), as emoções sobre a disciplina (sentimentos positivos e negativos que podem causar bloqueios, perturbações etc.) e as atitudes desenvolvidas perante a disciplina.

Essas questões podem ser tão válidas em física quanto em matemática, já que ambas pertencem ao âmbito das ciências ditas exatas e se estruturam, portanto, na lógica dos cálculos de funções, equações, geometrias, gráficos etc.; enfim, em uma linguagem matemática. No entanto, em se tratando do ensino de física, além das pesquisas sugeridas por Mandler (1984), deveria ser acrescentado o estudo que envolve o afeto do aluno com relação à visão da própria natureza, no sentido de trazê-lo à sala de aula para discussão. Essa questão pode ser polêmica, pois é na própria história que encontramos posições sociais e afetivas que de alguma forma se relacionam com a ciência produzida: “os elementos religiosos ou poéticos não serão necessariamente eliminados da observação, assim como Newton não eliminava os argumentos teológicos de sua ‘filosofia natural’, que denominamos ‘física’” (FOUREZ, 1995, p.146).

3.10.8 Apresentação estanque da física

Os manuais analisados contêm partes de uma teorização que embora pontualmente localizada são representantes de um saber global cuja totalidade dificilmente pode ser visualizada, pois ele não é apresentado com esta perspectiva. Em contraposição a essa estruturação dos manuais, Hosoume e Oliveira (2012) afirmam que “uma teoria científica é um corpo de conhecimento autocontido, com elementos estruturantes – as partes – que, numa lógica interna, compõem um todo articulado” (p. 111).