Andrei Buse

UM OLHAR DIFERENCIADO SOBRE A CINEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM PRAXEOLÓGICA DAS TAREFAS

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de Mestre em Educação Científica e Tecnológica.

Orientadora: Profa. Dra. Sônia Maria Silva Corrêa de Souza Cruz

Coorientador: Prof. Dr. Paulo José Sena dos Santos

Florianópolis
2014

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

Buse, Andrei
Um olhar diferenciado sobre a cinemática no ensino médio : uma abordagem praxeológica das tarefas / Andrei Buse ; orientadora, Sonia Maria Silva Corrêa De Souza Cruz ; coorientador, Paulo José Sena dos Santos. - Florianópolis, SC, 2014.
141 p.

Dissertação (mestrado) - 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. Cinemática. 3. Ensino de Física. 4. Teoria Antropológica do Didático. 5. Livro didático. I. De Souza Cruz , Sonia Maria Silva Corrêa. II. Santos, Paulo José Sena dos. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. IV. Título.

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 MESTRADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

"Um olhar diferenciado sobre a Cinemática no Ensino Médio: Uma abordagem praxeológica das tarefas"

Dissertação submetida ao Colegiado do Curso de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica em cumprimento parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação Científica e Tecnológica

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 15 de agosto de 2014

Sonia Maria Silva Corrêa de Souza Cruz (Orientadora - CFM/UFSC)_____
Paulo José Sena dos Santos (Co-orientador - CFM/UFSC)_____
Tatiana da Silva (Examinadora- CFM/UFSC)_____
José Francisco Custódio Filho (Examinador - CFM/UFSC)_____
Mikael Frank Rezendo Junior (Examinador - UNIFEI)_____
José André Peres Angotti (Suplente - UFSC)_____

Carlos Alberto Marques
Coordenador do PPGECT

Andrei Buse
Florianópolis, Santa Catarina, 2014.

Este trabalho é dedicado a minha esposa, aos meus pais e avós.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a todos que, de alguma maneira, ajudaram a tornar este sonho possível.

Agradeço, primeiramente, a Deus pela vida.

Agradeço aos meus pais e avós por tudo aquilo que me ensinaram ao longo da vida.

Agradeço a minha esposa Jane pela paciência, tolerância e cumplicidade dedicadas a mim durante esta jornada.

Agradeço a Profa. Dra. Sônia Maria Silva Corrêa de Souza Cruz por toda atenção, incentivo, paciência e sabedoria demonstradas na orientação desta pesquisa.

Agradeço ao Prof. Dr. Paulo José Sena dos Santos e ao Prof. Dr. Frederico Firmo de Souza Cruz pelas inúmeras e valiosas contribuições para esta pesquisa.

Agradeço à banca examinadora, composta pelo prof. Dr. Mikael Frank Rezende Junior, prof. Dr. José Francisco Custodio Filho e pela profa. Dra. Tatiana da Silva pelas contribuições dadas e pela extrema competência na avaliação deste trabalho.

Agradeço a todos os professores deste programa de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica, por tudo aquilo que aprendi durante o curso.

Agradeço a todos os amigos que fiz neste programa de Mestrado. Sem eles, com certeza, a trajetória não teria sido tão interessante.

Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes.

(Isaac Newton)

RESUMO

Nesta pesquisa buscou-se investigar qual é o saber a ser ensinado em cinemática, definido por livros aprovados pelo PNLD em 2012. Ancorados na Teoria Antropológica do Didático (TAD), de Chevallard, entendemos que a explicitação do saber a ser ensinado institucionalmente aceito é fortemente definido pelos livros textos. Nossa análise foi realizada em dois momentos. No primeiro momento procedemos a analise da praxeologia didática proposta pelo livro texto, onde objetivamos extrair com máxima fidedignidade o que é o saber a ser ensinado proposto pela instituição. Esta etapa compreendeu a análise praxeológica que visava analisar as tarefas e atividades propostas aos alunos. O segundo momento objetivou analisar a abrangência das escolhas institucionais tendo como base um referencial de análise que contemplasse dimensões históricas, epistemológicas e aspectos singulares da natureza e da sociedade no ensino de cinemática. A seleção deste referencial apontou o *The Project Physics Course*, comumente conhecido como projeto Harvard, como um modelo idealizado para o ensino de cinemática. Os exercícios e problemas foram subdivididos em oito categorias, segundo as habilidades e que estes estimulavam. A análise dos resultados mostrou que nos dois livros didáticos estudados, foram estimuladas basicamente duas habilidades. A primeira habilidade, muito presente nos livros, envolvia apenas a manipulação matemática dos dados contidos no enunciado da questão sem necessariamente exigir o conhecimento de física por parte do aluno. A segunda habilidade desenvolvida envolvia a capacidade do aluno de ler, interpretar e articular diferentes linguagens tais como gráficos, esquemas, tabelas e diagramas. A mesma análise realizada nas questões do projeto Harvard, mostrou que é perfeitamente possível abranger outras habilidades através da construção de exercícios e problemas distintos daqueles encontrados comumente nos livros didáticos brasileiros.

Palavras-chave: 1. Cinemática; 2. Ensino de Física; 3. Livro didático; 4. Teoria Antropológica do Didático

ABSTRACT

This research sought to investigate what is the knowledge to be taught in kinematics, defined by books approved by PNLD in 2012. Anchored in Anthropological Theory of Didactics (TAD), by Chevallard, we understand that the explicitness of knowledge to be taught institutionally accepted is strongly defined by textbooks. Our analysis was performed in two stages. At first we proceed to analyze the didactic praxeology proposed by the textbook, where we aim to extract, with maximum reliability, which is the knowledge to be taught by the proposed institution. This step involved the praxeological analysis that focused on analyzing the tasks and activities proposed to students. The second phase aimed to analyze the scope of institutional choices based on a framework of analysis that considered historical, epistemological and unique aspects of nature and society dimensions in teaching kinematics. Selecting this reference pointed to "The Project Physics Course", commonly known as Harvard project as an idealized model for kinematics teaching. The exercises and problems were split into eight categories, according to the abilities that they stimulated. The results showed that in the two textbooks studied, were stimulated basically two abilities. The first ability, very present in the books, involved only the mathematical manipulation of data in the enunciation without necessarily requiring the knowledge of physics by students. The second ability developed involved the student's ability to read, interpret and articulate different languages such as graphs, diagrams, tables and schemes. The same analysis conducted on the issues of the Harvard project showed that it is perfectly possible to cover many other abilities through building exercises and problems distinct from those found in Brazilian textbooks commonly.

Keyword: 1. Kinematic; 2. Physics teaching; 3. Textbook; 4. Anthropological Theory of the Didatic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Livro 1: Distribuição dos blocos [T/τ] nas questões propostas 107
Figura 2 – Livro 1: Distribuição dos blocos [T/τ] nas questões resolvidas..... 108
Figura 3 – Livro 2: Distribuição dos blocos [T/τ] nas questões propostas 110
Figura 4 – Livro 2: Distribuição dos blocos [T/τ] nas questões resolvidas..... 111
Figura 5 – Projeto: Distribuição dos blocos [T/τ] nas questões propostas 113
Figura 6 – Projeto: Distribuição dos blocos [T/τ] nas questões resolvidas..... 114
Figura 7 – Tarefas que necessitam de uma única fórmula conhecida e de manipulação matemática para sua resolução..... 117
Figura 8 – Tarefas que necessitam de mais de uma única fórmula conhecida e de manipulação matemática para sua resolução 118
Figura 9 – Tarefas que necessitam apenas de manipulação matemática para sua resolução 119
Figura 10 – Tarefas que envolvem leitura, articulação e interpretação em diferentes linguagens e representações..... 121
Figura 11 – Tarefas que auxiliam na compreensão de que o conhecimento científico é resultado da construção humana 122
Figura 12 – Tarefas que necessitam apenas da leitura do livro texto para sua resolução 124
Figura 13 – Tarefas que necessitam da leitura e interpretação do texto para sua resolução 124
Figura 14 – Tarefas que envolvem a construção ou reprodução de um texto ou parte dele 125
Figura 15 – Tarefas que estimulam a capacidade investigativa do aluno..... 126
Figura 16 – Distribuição das categorias de análise por obra 127

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Obras aprovadas no Guia PNLD 2012 - Física 85
Quadro 2 – Obras de física do 1º ano adquiridas pelo governo federal 86
Quadro 3 – Categorias de análise dos blocos técnico-práticos 103
Quadro 4 – Distribuição das questões por obra analisada 105
Quadro 5 – Distribuição dos blocos técnico-práticos por obra analisada 106

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
LDB – Lei de Diretrizes e Bases
PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais
PNLD – Programa Nacional do Livro Didático
PNLEM – Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio
SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física
TAD – Teoria Antropológica do Didático

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 23

1.1. OBJETIVO GERAL: 31
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: 31

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 33

2.1. UMA CONCEPÇÃO DE ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA 33
2.2. A MATEMATIZAÇÃO NA FÍSICA..... 43
2.3. A CINEMÁTICA NOS LIVROS DIDÁTICOS 49
2.4. A TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO (TAD) 56
2.5. A BUSCA DE UM REFERENCIAL DE ANÁLISE E O PROJETO HARVARD 66

3. METODOLOGIA..... 85

3.1. CATEGORIAS DE ANÁLISE..... 94
3.1.1. CATEGORIA UMA FÓRMULA 94
3.1.2. CATEGORIA VÁRIAS FÓRMULAS 95
3.1.3. CATEGORIA MODELOS 96
3.1.4. CATEGORIA LINGUAGENS 97
3.1.5. CATEGORIA CONSTRUÇÃO HUMANA..... 98
3.1.6. CATEGORIA CÓPIA..... 99
3.1.7. CATEGORIA INTERPRETAÇÃO..... 100
3.1.8. CATEGORIA ESPÍRITO INVESTIGATIVO 101

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 105

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 131

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 137

1. INTRODUÇÃO

A física é a ciência que estuda a natureza e os seus fenômenos em seus aspectos mais gerais. A palavra física tem origem no grego antigo, no termo *physis*, utilizado para expressar natureza. Não é de se estranhar então, que os primeiros registros de esforços para sistematizar o conhecimento acerca do mundo natural tenham origem na Grécia antiga. Podemos citar, por exemplo, as contribuições de Aristóteles (384 – 322 a.C.) para compreender alguns fenômenos que ocorriam no firmamento e na Terra. Segundo Peduzzi (1996), Aristóteles foi um atento observador da natureza. Suas observações o levaram a fazer afirmações sobre a natureza das coisas, o movimento natural e violento dos corpos na proximidade da Terra e a formular um modelo do universo.

Passaram-se os séculos e o número de cientistas e pesquisadores que buscavam compreender algum aspecto da natureza e as leis que a regiam só aumentou. Nicolau Copérnico, Johannes Kepler, Galileu Galilei e Issac Newton são apenas alguns que podemos citar entre os séculos XV e XVIII pela contribuição que deram à ciência moderna.

À medida que a natureza foi sendo estudada, novas interpretações acerca de um mesmo fenômeno natural foram emergindo. Novos modelos representativos da natureza foram sendo desenvolvidos. Novas concepções acerca do conhecimento foram surgindo. Nesse processo evolutivo, algumas concepções que procuravam compreender e explicar a natureza e determinados fenômenos, como a física aristotélica, por exemplo, se mostraram equivocadas. Outras acabaram se mostrando muito mais restritas a uma determinada classe de objetos, a exemplo da física clássica.

A natureza e seus fenômenos mostraram se muito mais ricos e complexos à medida que os estudos avançavam. Ao final do século XIX, os principais temas que envolviam os esforços dos cientistas físicos eram a mecânica, luz, calor, som, eletricidade e magnetismo. Neste período podemos citar, por exemplo, os estudos de James Maxwell no eletromagnetismo e de James Joule e Sadi Carnot na termodinâmica.

O relativo sucesso na compreensão do mundo através das teorias vigentes no final do século XIX levou alguns cientistas a acreditar que a descrição do universo físico estava completa. A descoberta dos raios X por Wilhelm Rötgen em 1895 e da

radioatividade por Antoine Becquerel e pelo casal Curie alguns anos depois mostrou que eles estavam equivocados. O conhecimento físico até então era insuficiente para compreender esta nova classe de objetos. Os trabalhos de Max Planck na quantização da energia e de Albert Einstein na quantização da luz e na teoria da relatividade no final do século XIX e começo do século XX, respectivamente, inauguraram uma nova era do conhecimento físico aplicado a uma nova classe de objetos.

A física clássica, denominação dada ao conjunto de conhecimentos físicos que formavam o núcleo da visão física do mundo, aceita até as primeiras décadas do século XX, não foi abandonada em detrimento de uma física nova. Ela passou a ser restrita a uma classe de objetos que se moviam com velocidade muito inferior a velocidade da luz no vácuo. Para uma classe de objetos que se moviam a velocidade da luz ou muito próxima desta, surgiu um corpo de conhecimento físico denominado física moderna.

Explicar a radiação do corpo negro, um dos problemas da física não resolvido até o final do século XIX, o efeito fotoelétrico, o calor específico dos sólidos, ou até mesmo como o átomo estava estruturado, foi possível apenas através dos trabalhos de Planck, Einstein, Bohr, Schrödinger, Heisenberg, de Broglie, Pauli, Dirac entre outros na estruturação de um corpo de conhecimentos novos conhecidos como física moderna. A física moderna envolve o conjunto de teorias que promoveram alterações drásticas no entendimento das noções de espaço, tempo, causalidade, simultaneidade e localidade.

Com este gigantesco conjunto de conhecimentos delimitados pela física clássica e pela física moderna conseguimos, nos dias de hoje, compreender e estudar uma infinidade de objetos que constituem a natureza. É por isso que a física, enquanto ciência, é importante e está presente nas mais variadas áreas do conhecimento que vão desde a paleontologia, no estudo dos fósseis, passa pelas engenharias e outras áreas tecnológicas até a climatologia, na tentativa de construir modelos cada vez mais precisos sobre o comportamento do clima no mundo.

Nossa pesquisa não irá abranger todo o conhecimento físico historicamente produzido o que seria humanamente impossível. Nós iremos nos concentrar numa área da física clássica responsável pelo estudo dos movimentos, denominado mecânica. A mecânica é o ramo da física que compreende o estudo e a análise do movimento e do repouso dos corpos.

Dentro da mecânica, o conhecimento físico sofre outras subdivisões para facilitar o seu estudo. Nossa pesquisa irá focar a cinemática, divisão da mecânica responsável pelo estudo do movimento dos objetos sem se ater as causas deste movimento. A cinemática se ocupa da descrição destes movimentos, culminando geralmente em uma descrição matemática para modelos de movimento observados. As razões que nos levaram a escolher este tema como foco de pesquisa serão discutidas oportunamente ao longo deste trabalho.

Quando abordamos o ensino de física na educação básica no Brasil, mais especificamente no ensino médio, a mecânica e a cinemática em sua grande maioria, são abordadas geralmente no primeiro ano, conforme Brasil (1999, 2002, 2006, 2011).

O ensino médio é uma etapa importante no processo de educação de jovens, adolescentes e adultos. Esta etapa da educação básica apresenta um nível de complexidade maior uma vez que se constitui como uma etapa intermediária entre o ensino fundamental e o ensino superior além de atender adolescentes, jovens e adultos com diferentes histórias de vida e diferentes expectativas em relação à sua formação. À escola, neste processo, cabe tanto a preparação do aluno para o ingresso no mercado de trabalho quanto para a continuidade dos estudos por meio do ensino superior (BRASIL, 2011).

Conforme a lei de diretrizes e bases da educação nacional, a LDB 9394/96 de 20 de dezembro de 1996, no seu artigo 35º, o ensino médio, como etapa final da educação básica, apresenta as seguintes finalidades:

> I - a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
> II - a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
> III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
> IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (BRASIL, 1996, p.13)

Para contribuir com este processo, desde 2004, através do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM), os livros didáticos ofertados para as escolas públicas de ensino médio passam por um processo de avaliação. A cada três anos, os livros didáticos das disciplinas de língua portuguesa, língua estrangeira moderna (inglês e espanhol), matemática, história, geografia, sociologia, filosofia, biologia, física e química são analisados. A relação dos livros que foram analisados e aprovados por uma comissão, é publicada no Guia do Programa Nacional do Livro Didático, ou Guia PNLD. A comissão que analisa estes livros didáticos é formada por uma equipe de pesquisadores renomados de diversas universidades brasileiras que avaliam se estes livros atendem aos requisitos mínimos para servir de material de apoio a professores e alunos no processo de ensino e de aprendizagem (BRASIL, 2011).

Uma vez que o Guia de Livros Didáticos – PNLD é disponibilizado na internet, a escolha dos livros fica a critério dos professores e da escola. O Ministério da Educação coloca este guia a disposição dos professores como um instrumento de apoio no processo de escolha. São apresentados, nos volumes dedicados a cada uma das componentes curriculares, os principais critérios utilizados na avaliação além das resenhas de cada obra aprovada (ibid.).

Em 2011 foram analisados os livros didáticos de física voltados para o ensino médio. Aqueles que foram aprovados pela comissão avaliadora, tiveram o resultado da avaliação, os comentários e as críticas dos avaliadores, publicados no Guia do Livro Didático – PNLD 2012, conforme Brasil (ibid.).

Todas as obras de física que constam no Guia PNLD 2012 abordam a cinemática em determinados capítulos do livro sem exceção. Geralmente esta abordagem ocorre no primeiro volume de cada uma das obras analisadas. Isto sugere que o estudo do movimento é direcionado para alunos do primeiro ano do ensino médio como usualmente vem ocorrendo na grande maioria das escolas de ensino médio no país.

No entanto, quando abordamos a pertinência do estudo dos movimentos no âmbito do ensino médio, professores de física e pesquisadores da área de ensino de física nem sempre apresentam opiniões convergentes. Enquanto Gaspar (1994), Guidugli, Gauna e Benegas (2004) e Souza e Donangelo (2012), por exemplo, defendem sua importância, Menezes (1993) acredita que a cinemática poderia até ser erradicada do ensino médio.

Segundo Menezes (ibid.), na sua conferência de abertura para o X Simpósio Nacional de Ensino de Física (X SNEF) que aconteceu em janeiro de 1993 em Londrina no Paraná, a cinemática é pouco necessária no seu sentido propedêutico, ou seja, não é necessária para que os alunos compreendam outros conceitos e definições da física. Além disso, segundo ele, dedica-se muito tempo para o estudo dela tanto no ensino médio como nas últimas séries do ensino fundamental, reduzindo o tempo disponível para outras áreas da física. Geralmente a cinemática acaba ocupando de 1/6 a 1/3 de todo o curso de física do ensino médio.

Ainda segundo ele, a cinemática é complicada, leva a uma matematização precoce e a chamar mais atenção para o instrumental do que para a compreensão do mundo natural no ensino médio. O autor chega a fazer uma suposição de que se eliminasse a cinemática no ensino médio sobraria mais tempo para se ensinar física desde mais cedo.

Quando Menezes (ibid., p.7) faz a crítica ao ensino de cinemática, afirmando que "[...] com algum otimismo [...] quem sabe até sobraria tempo para alguma física do século XX" caso a cinemática fosse excluída do ensino médio, o autor quer expressar que para a grande maioria dos professores é muito difícil conceber um curso de física que não comece pela cinemática, tanto no ensino médio quando no ensino superior. Dessa forma, segundo o autor, o professor demanda um tempo muito longo para preparar seus alunos para que estes tenham algum domínio sobre o estudo dos movimentos e suas grandezas físicas de interesse para que estes possam avançar no estudo dos fenômenos físicos. Como o professor acaba utilizando um tempo significativo do curso de física para a cinemática, fatalmente acaba faltando tempo para abordar outros temas da física como a física moderna.

Com isso, o professor do ensino médio acaba vivenciando um dilema. Se ensinar cinemática faltará tempo para abordar outros temas da física como a física moderna. Se não ensinar cinemática, possivelmente julgará que o aluno não terá uma base conceitual sólida para que possa entender conceitos mais complexos pertinentes a uma física mais avançada.

Já Gaspar (1994) não concorda com este posicionamento frente à cinemática, uma vez que para ele existem fortes razões que justificam o estudo da cinemática. Para o autor, a própria história da física se inicia com o estudo dos movimentos, mostrando sua importância histórica no desenvolvimento da física. Além disso, ele

afirma que um dos fatores que contribuiu para a forte presença da cinemática no ensino médio é a ponte que esta faz com a matemática, através do estudo das equações dos movimentos, funções estas de primeiro e segundo grau. Muitas vezes o professor de matemática aborda o estudo das funções de primeiro e segundo grau no mesmo período em que o professor de física está trabalhando as equações dos movimentos. Para Gaspar (ibid., p.7), "[...] o estudo da cinemática, quando descreve movimentos através de equações, tem um papel relevante na compreensão da utilização da matemática como ferramenta básica para o estudo da física".

A crítica do autor vai para a forma como a cinemática é abordada nos livros didáticos. Segundo ele, os livros de ensino médio estão repletos de conceitos irrelevantes e problemas repetitivos e irreais. Neste contexto o termo irreal é empregado no sentido de que os problemas abordam situações idealizadas, muitas vezes distantes da realidade do aluno, sem que o aluno tome o conhecimento de que o problema abrange um modelo de movimento e não a representação fiel da natureza. Para o autor, a má qualidade do livro didático não deve ser argumento para suprimir o estudo da cinemática na física do ensino médio.

Guidugli, Gauna e Benegas (2004), também defendem a importância da cinemática para a formação cidadã requerida nas sociedades modernas baseadas em tecnologias avançadas. Para os autores, o estudo da cinemática é básico para compreender conceitos mais complexos como forças, energias e as diversas interações entre sistemas e suas consequências sobre o movimento de partículas e corpos.

Para Souza e Donangelo (2012), o estudo da cinemática familiariza os alunos com métodos que lhes serão úteis em muitas outras ocasiões e contextos. Além disso, os autores compartilham a opinião de que a cinemática tem uma significativa função propedêutica, considerando ela fundamental para a compreensão de outras grandes áreas da ciência.

A crítica dos autores vai para a forma como a cinemática é abordada no ensino médio. Para eles há uma desilusão de professores e alunos com a cinemática em parte pela forma como seus conceitos são tradicionalmente apresentados, distantes da realidade e exageradamente matematizados. Eles afirmam que estas características têm contribuído para a formação de uma imagem errônea da física, de que esta é "um

acúmulo de fórmulas a serem decoradas e aplicadas em situações evidentemente artificiais" (ibid., p.1).

Pelo que se percebe dos autores citados anteriormente, a crítica não está direcionada para a relevância ou não da cinemática no ensino de física, mas sim para a maneira como ela é abordada por professores, livros didáticos e demais instituições. Parece que os problemas que o ensino de cinemática tem enfrentado no ensino médio como a dificuldade por parte do aluno da visualização concreta do movimento, reduzindo seu conhecimento a algo abstrato e infrutífero; o distanciamento da realidade vivida com aquilo que é apresentado em sala de aula; a abordagem excessiva na resolução de exercícios que induzem o aluno a formar uma imagem errônea da cinemática, limitando esta a aplicação de várias fórmulas na resolução de problemas repetitivos e artificiais; e o tempo muitas vezes despendido pelo professor de física na retomada de definições e operações matemáticas necessárias para a resolução dos exercícios de cinemática em detrimento de outros conteúdos que compõem o currículo da física escolar, não são derivados do estudo da cinemática. Estes problemas são decorrentes da maneira como ela tem sido abordada e conduzida historicamente com os alunos no ensino médio. Talvez a solução não seja descartá-la do currículo de ensino médio mas sim, tratá-la de uma forma diferente da qual ela tem sido retratada nos livros didáticos e abordada em sala de aula.

Isto posto, podemos fazer uma série de questionamentos que abordam este tema no ensino médio. Menezes (1993) afirma que a cinemática no ensino médio leva o aluno a uma matematização precoce. Será que esta matematização precoce, segundo o autor, leva o aluno a compreender a importância da matemática no estudo das ciências? Será que ele tem noção do papel que a matematização teve no estudo das ciências naturais e na revolução newtoniana como defende Cohen (1980)? Será que Menezes (op. cit.) e Souza e Donangelo (2012), ao criticarem a matematização na cinemática, estariam se referindo a formalização de modelos ou a simples resolução algébrica de exercícios e problemas?

Gaspar (1994), Menezes (op. cit.) e Souza e Donangelo (op. cit.) criticam também o fato da cinemática no ensino médio abordar situações problema irreais e artificiais, muitas vezes distantes da realidade do aluno. Será que existe clareza para o aluno de que a cinemática estuda modelos de movimento representativos que se

aproximam, sob determinadas condições, de situações muito parecidas com aquelas que existem na natureza?

Ao tratar problemas irreais e artificiais nos termos dos autores já citados, estamos, na verdade, tratando de modelizações. Estas são extremamente importantes para se compreender a natureza dos movimentos. Estes modelos não precisam reproduzir fielmente a natureza. Não é esta a sua função. A abstração do atrito no estudo do movimento, por exemplo, permitiu compreender a lei da inércia. Esta abstração foi essencial para descobrir a natureza do movimento. Será que o aluno percebe a importância da abstração no estudo da física? Será que isto está claro para o aluno do ensino médio ou será que ele tenta enxergar no modelo físico uma reprodução fiel da natureza? Se isto não está claro é fácil compreender a crítica dos autores em relação à irrealidade e artificialidade das situações apresentadas.

Estas e outras perguntas que podemos fazer acerca do ensino de cinemática no ensino médio podem ser abordadas em uma única pergunta, mais abrangente, que intencionamos responder com esta pesquisa: *Quais habilidades se pretende desenvolver no aluno através do ensino de cinemática no ensino médio atualmente?*

Para responder a este questionamento iremos proceder à análise dos exercícios e problemas de cinemática presentes em alguns livros didáticos aprovados no Guia PNLD 2012, identificando quais habilidades são estimuladas através da sua resolução. A análise destes exercícios e problemas necessitará de um instrumento de análise. Este instrumento será dado pela Teoria Antropológica do Didático (TAD) de Chevallard (1999). O devido aprofundamento na metodologia desta pesquisa e na TAD serão oportunizados nos próximos capítulos.

Determinar como ocorre este ensino nos dias de hoje permitirá desvendar alguns aspectos importantes da tradição no ensino de física, tradição esta que formou e continua formando excelentes profissionais desde professores de física até as mais diversas profissões.

Nas últimas décadas, várias pesquisas contemplando propostas didáticas e metodológicas surgiram no ensino de física. Propostas como partir do conhecimento prévio do aluno, de situações do cotidiano, de temas geradores, de abordar apenas a física conceitual entre outras várias propostas que poderíamos citar foram apresentadas, defendidas por determinados pesquisadores, rejeitadas por outros. Mesmo nos dias de hoje, com a popularização da *internet* e de sítios contendo infindáveis simulações de física gratuitamente, com a disseminação de vídeos mostrando uma série de experimentos físicos, o

que se percebe, em grande parte das salas de aula, é uma adaptação do novo para o tradicional. É a tentativa de acomodar novas propostas dentro de uma tradição fortemente estabelecida.

Compreender como se dá a tradição no ensino de física é importante para determinar quais os obstáculos que esta tradição impõe para que a implantação de novas propostas didáticas e metodológicas possam efetivamente alcançar uma abrangência maior e mais duradoura. O estudo desta tradição poderá fornecer elementos cruciais para pesquisadores de ensino de ciências e professores de física que desejam implementar uma proposta diferenciada de ensino.

1.1. OBJETIVO GERAL:

Identificar as praxeologias existentes nos exercícios e problemas de cinemática, presentes nos livros didáticos de física do ensino médio.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Explicitar uma concepção de ensino de física no ensino médio pautada nos documentos oficiais;
- Identificar e apresentar uma ferramenta que possibilite a análise dos exercícios e problemas presentes nos livros didáticos;
- Identificar as habilidades que podem ser desenvolvidas através do ensino de cinemática;

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. UMA CONCEPÇÃO DE ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Desde a aprovação da última Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, a Lei n^0 9394/96, o ensino médio deixou de ser estritamente preparatório para o ensino superior ou estritamente profissionalizante. A ideia central dessa lei é que o ensino médio passe a ser uma etapa conclusiva da educação básica de todo estudante e não somente uma preparação para outra etapa escolar. Assim sendo, os conhecimentos disciplinares adquiridos nesta fase da escolarização precisam de um significado, explicitando o seu sentido já no momento do aprendizado. Nesta visão, não se pode conceber que os conteúdos abordados só passem a fazer sentido e apresentar algum significado em uma etapa posterior da escolarização (BRASIL, 1999).

Com isso, o ensino médio passou a assumir a responsabilidade de completar a educação básica, ou seja, preparar para a vida. Este preparo para a vida, conforme Brasil (ibid.), compreende saber se informar; comunicar-se; argumentar; compreender e agir; enfrentar problemas de diferentes naturezas; participar socialmente de forma prática e solidária; ser capaz de elaborar críticas ou propostas; e adquirir uma atitude de permanente aprendizado.

Nas diretrizes e parâmetros que organizam o ensino médio, segundo o autor, a biologia, a física, a química e a matemática fazem parte de uma mesma área do conhecimento, denominada de ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Estas disciplinas, que têm em comum a investigação da natureza e dos desenvolvimentos tecnológicos, compartilham linguagens para a representação e sistematização do conhecimento de fenômenos e processos naturais ou tecnológicos. Elas compõem a cultura científica e tecnológica, que como toda cultura, é fruto da evolução social e econômica ao longo da história.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), existem três conjuntos de competências gerais que se espera que sejam desenvolvidas pelos alunos nas disciplinas desta área, em decorrência do aprendizado delas e das tecnologias a elas relacionadas. São elas: representação e comunicação; investigação e compreensão; e contextualização sociocultural.

A competência da representação e comunicação envolve o domínio de linguagens, comum a toda a ciência e a toda a tecnologia, com sua nomenclatura, símbolos, códigos, grandezas e unidades, muitas das quais já incorporadas à linguagem cotidiana. A articulação dessa nomenclatura, desses códigos e símbolos em sentenças, diagramas, gráficos, esquemas e equações e a leitura e interpretação dessas linguagens, seu uso em análises e sistematizações, integram um instrumental que além de necessário para as disciplinas que compõem esta área, também o é para atividades econômicas e sociais.

A competência da investigação e compreensão envolve o conhecimento do sentido da investigação científica e de seus procedimentos e métodos. Isto se traduz na realização de medidas, na elaboração de escalas e na construção de modelos essenciais para a compreensão de leis naturais. A distinção entre modelo e realidade, entre interpretação e fenômeno, entre transformação e conservação, são instrumentos gerais desenvolvidos no aprendizado científico, que promovem esta competência como atributo da cidadania.

O contexto em que se desenvolvem e se aplicam os conhecimentos científicos e tecnológicos e o caráter histórico da construção desses conhecimentos não são essencialmente diferentes para cada uma das disciplinas que compõem a área. Isto não impede que a história das ciências seja compreendida como um todo, dando realidade a uma compreensão mais ampla da cultura, da política, da economia, no contexto maior da vida humana. Por isso, a competência da contextualização sociocultural das ciências e de suas tecnologias deve ser vista como uma competência geral, que transcende o domínio de cada uma das ciências (BRASIL, 1999).

Para o aprendizado de ciências e de matemática, os PCN defendem que para atender aos objetivos do ensino médio, existe a necessidade de um aprofundamento dos saberes disciplinares com procedimentos científicos pertinentes aos seus objetos de estudo, com metas formativas particulares e inclusive com tratamentos didáticos específicos, aliados a uma articulação interdisciplinar desses saberes. Para isto, estes objetivos devem envolver o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea e de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo. Em suma, podemos afirmar que o objetivo geral do ensino médio é a formação da autonomia crítica do estudante nos aspectos intelectual, político e econômico. No aspecto intelectual a autonomia

permite educar sujeitos que utilizem seus conhecimentos nas mais variadas situações e que pensem por si mesmos. Na dimensão política a autonomia garante a participação ativa dos sujeitos na vida cidadã enquanto que a autonomia econômica assegura uma formação para a sobrevivência através do mundo do trabalho (BRASIL, ibid.).

Vale reforçar aqui que nem os PCN, nem os PCN+ ou as orientações curriculares para o ensino médio constituem um projeto de ensino preparado para ser aplicado em sala de aula. Estes documentos oficiais são apenas orientações educacionais que agrupam os diversos aspectos de conteúdos, metodologia e epistemologia e que servem de subsídios para a discussão de uma nova concepção de ensino médio, em sintonia com a LDB 9394/96, um ensino médio que não se restrinja a preparação para outra etapa da vida escolar ou para o exercício profissional.

Neste contexto, o ensino de física da forma como vem acontecendo precisa ser repensado. Tradicionalmente o ensino de física é realizado mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distante do mundo vivido pelos alunos e professores. Valoriza a teoria e a abstração desde o primeiro momento em detrimento de um desenvolvimento mais gradual da abstração. Enfatiza a utilização de fórmulas desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico. Insiste na solução de exercícios repetitivos pretendendo que o aprendizado ocorra pela memorização ou automação e não pela construção do conhecimento através de competências e habilidades adquiridas. Apresenta o conhecimento como um produto acabado, resultado do trabalho de algumas poucas mentes brilhantes, contribuindo para uma visão equivocada de ciência. Envolve uma lista de conteúdos extremamente extensa, que impede o aprofundamento necessário para a instauração de um diálogo construtivo. Tudo isto expressa uma tradição que veio sendo gradualmente incorporada pelos participantes do sistema escolar a ponto de ser tomada como algo natural, herança de outros tempos quando se pretendia um ensino propedêutico ou técnico (BRASIL, ibid.).

Desta forma, ensinar física apenas porque ela é cobrada em concursos vestibulares é extremamente limitante além de não contemplar a maioria das competências atribuídas pelos PCN e PCN+ para a área das ciências. Por outro lado, ensinar física porque vivemos em um mundo cercado por novas tecnologias também é limitante uma

vez que, em grande parte das escolas, a física ensinada no ensino médio não dá condições para que o aluno compreenda estas tecnologias.

A física é um conhecimento que permite elaborar desde modelos de evolução cósmica até explorar o mundo das partículas subatômicas que constituem a matéria. Este conhecimento, incorporado à cultura e integrado como instrumento tecnológico, tornou-se indispensável à formação da cidadania contemporânea. Dessa forma, segundo Brasil (ibid.), é esperado que o ensino de física contribua para a formação de uma cultura científica que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais. Neste sentido, mesmo o estudante que após a conclusão do ensino médio não venha mais a ter nenhum contato formal com o conhecimento de física, tanto no ensino superior quanto no ensino profissionalizante, ainda assim terá adquirido a formação mínima necessária para compreender e participar do mundo em que vive.

Assim sendo, no ensino médio,

> [...] a Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, a introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas sendo impulsionado (BRASIL, 2006, p.56).

O conhecimento de física produzido historicamente pela humanidade não pode estar presente na íntegra no ensino médio. Segundo Brasil (ibid.), faz-se necessário realizar escolhas para determinar os tópicos mais importantes e fundamentais que devem ser abordados nesta fase da escolaridade. Tradicionalmente estas escolhas têm sido feitas de forma a abordar conceitos centrais em áreas que

envolvem fenômenos de natureza física diferentes. O resultado destas escolhas delimitam os conteúdos de mecânica, termologia, óptica, ondulatória, eletricidade e física moderna. Os critérios utilizados para esta seleção na maior parte das vezes envolvem apenas o conhecimento e a estrutura da física em si, sem levar em consideração um sentido mais amplo da formação desejada.

Não se trata então de apresentar apenas as teorias físicas ao estudante para que ele tome conhecimento de sua existência, mas sim, para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. Nesse sentido, o conhecimento de física deixa de constituir um objetivo em si mesmo e passa a ser compreendido como um instrumento para a compreensão do mundo. Para que isso ocorra é necessário que o estudante adquira competências necessárias para lidar com as situações que vivencia ou que venha a vivenciar no futuro. Dessa forma, é bastante natural substituir a preocupação central com os conteúdos necessários para a aprendizagem da física por uma identificação das competências que, se acredita, serão necessárias para o estudante no seu processo de escolarização (BRASIL, ibid.).

Vale relembrar que estas competências devem estar alinhadas com as três competências atribuídas as disciplinas que constituem a área da natureza, matemática e suas tecnologias. Logo, existem competências relacionadas com a "[...] **investigação e compreensão** dos fenômenos físicos, enquanto há outras que dizem respeito à utilização da **linguagem física e de sua comunicação**, ou, finalmente, que tenham a ver com sua **contextualização histórico e social**" (BRASIL, ibid., p.59, grifos do autor).

Para desenvolver estas competências necessárias à formação do jovem no ensino médio, os PCN+ sugerem a necessidade de privilegiar determinados conteúdos em torno dos quais se possam estruturar e organizar o desenvolvimento das habilidades, competências, conhecimentos, atitudes e valores desejados. Com isso, fica explicito que determinados assuntos ou tópicos apresentam um potencial muito maior que outros para atender aos objetivos pretendidos, o que impõe uma escolha criteriosa.

Como sugestão, os PCN+ delimitam a física do ensino médio em seis temas estruturadores, preservando até certo ponto a divisão do conhecimento nas áreas da física tradicionalmente trabalhadas. São eles:

- Tema 1: Movimento: variações e conservações;

- Tema 2: Calor, ambiente e usos de energia;
- Tema 3: Som, imagem e informação;
- Tema 4: Equipamentos elétricos e telecomunicações;
- Tema 5: Matéria e radiação;
- Tema 6: Universo, Terra e vida.

Com estes temas, os PCN+ apresentam uma possível organização de trabalho para o ensino médio que permite contemplar e desenvolver as competências e habilidades necessárias ao estudante na busca de uma formação que objetiva sua autonomia intelectual, política e econômica.

Segundo Brasil (2006), a física ensinada no ensino médio não visa formar novos físicos, mas sim, é voltada principalmente para aqueles que terão na escola uma das poucas oportunidades de acesso formal ao conhecimento físico. Assim sendo, existem dois aspectos que devem ser levados em consideração no ensino de física na escola: a física como cultura e a física como possibilidade de compreensão do mundo.

A dimensão cultural da física se faz presente quando a escola possibilita à população o acesso a uma parcela dos saberes historicamente produzidos. A escolha destes saberes deve ser bastante criteriosa e submetida a um tratamento didático para que estes não se resumam a um amontoado de fórmulas e saberes desarticulados.

Enquanto possibilidade de compreensão do mundo, a física no ensino médio deve resgatar o espírito investigador e o desejo de se conhecer o mundo em que se habita. Isto não se consegue ensinando respostas de situações idealizadas. É muito importante que a física estimule as perguntas e instigue a capacidade investigativa do aluno. Comumente ensinamos as respostas sem formular as perguntas (BRASIL, ibid.).

Existem alguns pontos do ensino de física que transcendem as leis, teorias, conceitos e equações tradicionalmente demonstradas e discutidas no ensino médio, que podem vir a contribuir de forma positiva na formação do estudante, conforme discutido até então.

Um destes pontos envolve o desenvolvimento de uma visão de ciência mais próxima da realidade do cientista e pesquisador. Usualmente os conteúdos são apresentados nos livros didáticos como

um conhecimento acabado, fruto da genialidade ou do momento *eureka*[1] de algumas poucas mentes brilhantes.

O caminho percorrido, as dificuldades encontradas, o contexto econômico e social, as necessidades da época que motivaram o cientista a aprofundar determinado estudo, as perguntas que ele intencionava responder, a troca de informações entre os pares e o grupo de pesquisadores que muitas vezes de forma direta ou indireta contribuíram para a construção de um dado saber, normalmente não aparecem nos livros. Logo, com raríssimas exceções, não são abordadas na escola.

A falta da compreensão deste contexto, de que o saber historicamente produzido é fruto de um longo e árduo percurso, sintetizado e simplificado em poucas linhas ou em uma equação, pode induzir o aluno a acreditar que basta memorizar a fórmula e os principais conceitos, sem a necessidade de questionar o contexto no qual foram produzidos. A física percebida como uma construção histórica e como uma atividade social e humana, leva à compreensão de que os modelos explicativos não são únicos e muito menos definitivos, de que verdades aceitas na ciência não são inquestionáveis e muito menos imutáveis. O surgimento de teorias físicas mantém uma relação complexa com o contexto social em que ocorreram.

A percepção do saber físico como construção humana, além de fomentar uma visão de ciência mais próxima da realidade, é uma condição necessária, mas não única, para que se promova a consciência de uma responsabilidade social e ética (BRASIL, 1999).

Outro aspecto importante envolve a criação, interpretação e utilização de modelos na física. Quando a ciência estuda um determinado fenômeno ela o modifica e o idealiza para trazer para a área da pesquisa. São construídos modelos representativos e explicativos que buscam se aproximar da realidade estudada. Este processo é crucial dada a complexidade do estudo da natureza.

Segundo Brasil (2006), as teorias que procuraram compreender determinado fenômeno retornam a realidade, mas são teorias e modelos da física e não o próprio fenômeno. Estas teorias e modelos serão mais aceitos quanto mais e melhores explicações elas puderem fornecer acerca da natureza em questão.

[1] Eureka é uma interjeição que significa encontrei ou descobri. É normalmente pronunciada por alguém que acaba de encontrar a solução para um problema difícil. A palavra foi supostamente pronunciada pelo cientista grego Arquimedes (287 a.C. – 212 a.C.), quando descobriu como resolver um complexo dilema apresentado pelo rei Hierão (Nota do autor).

Fazer modelos da realidade para entendê-la é uma das características da física. A compreensão desta dinâmica constitui uma competência importante inserida na competência maior da investigação e compreensão. Quando o aluno é apresentado a uma situação nova, esta situação não está de antemão modelizada e muito menos idealizada. Faz-se necessário que o aluno investigue a situação, simplifique-a para melhorar o seu entendimento e a interprete utilizando para isto os conhecimentos físicos. Analisar, simplificar e interpretar uma dada situação deve fazer parte do ensino de física para que o aluno obtenha uma melhor compreensão do mundo. Isto demonstra a potencialidade e a necessidade de se trabalhar conteúdos mais abstratos na física, não se limitando ao vivencial, mas talvez, iniciando por este. O conhecimento dos fenômenos da realidade passa necessariamente pela abstração (BRASIL, ibid.).

É comum ouvir nos corredores das escolas professores se queixando do desinteresse de seus alunos em aprender física. Isto envolve outro aspecto importante no ensino de física. Muito frequentemente ensinam-se as respostas sem formular as perguntas, o que pode ser percebido na maioria dos livros didáticos. Talvez os alunos tenham vontade de aprender, mas não aquilo que a escola se propõe a ensinar.

A física deve buscar no ensino médio, através do desenvolvimento da competência investigativa, o resgate do espírito questionador e o desejo de se conhecer o mundo em que se habita. Não como aplicação imediata a situação vivencial do aluno, mas expandindo a compreensão do mundo, a fim de propor novas questões e, quiça, encontrar soluções. Antes de fornecer respostas a situações idealizadas, devem-se estimular as perguntas (BRASIL, ibid.).

Outro ponto que envolve um aspecto importante no ensino de física envolve a resolução de problemas. Na prática é comum resolver problemas utilizando expressões matemáticas de princípios físicos sem nenhum tipo de argumento que leve ao fenômeno físico em si ou ao modelo utilizado. Isto ocorre porque grande parte dos problemas já vem tão simplificados e idealizados que basta o aluno memorizar a fórmula que deverá ser utilizada e substituir os valores encontrados no enunciado do problema. Este fato vem amplamente sendo criticado conforme Brasil (1999, 2002, 2006).

A resolução de problemas deste tipo exige, sobretudo, memorização e perde sentido quando se desejam desenvolver outras competências como a competência investigativa uma vez que não

promove a reflexão além de contribuir para a disseminação da imagem de que a física é uma espécie de matemática aplicada.

Além disso, segundo o autor, muitas vezes o fracasso na aprendizagem da física é atribuído à falta de conhecimento em matemática. Esta é uma visão apenas parcialmente correta uma vez que existem algumas dificuldades inerentes ao próprio conhecimento físico que podem estar encobertas pela deficiência que os alunos apresentam em matemática. O desenvolvimento dos instrumentos matemáticos necessários não deve ser preocupação exclusiva do professor de matemática ou de física, por exemplo, mas sim das quatro disciplinas científico-tecnológicas, permitindo que o aluno construa efetivamente as abstrações matemáticas que irá necessitar, evitando a memorização indiscriminada de algoritmos.

Com isso, o autor não defende uma física estritamente conceitual, onde a linguagem matemática é reduzida ao mínimo indispensável. A formalização matemática continua sendo essencial desde que desenvolvida como uma síntese de conceitos e relações, compreendidos anteriormente de forma fenomenológica e qualitativa (BRASIL, 2002).

Segundo Pietrocola (2002), a matemática é uma linguagem dentre várias outras que está a nossa disposição para estruturar o pensamento. Ao longo dos séculos e da evolução do conhecimento científico, ela se mostrou excepcional na capacidade de dar suporte ao nosso pensamento sobre o mundo. Nos dias atuais, com o avanço da ciência, nossa linguagem comum seria impotente para interpretar o mundo. Sem a matemática, "[...] seríamos como cegos tateando num mundo repleto de cores" (ibid., p. 105).

Neste contexto, qual seria o papel que a cinemática poderia ocupar no desenvolvimento das competências já discutidas? Se nos pautarmos nos temas estruturadores sugeridos pelos PCN+, veremos que a cinemática seria abordada com maior propriedade no tema movimentos: variações e conservações. Veremos também que das três sequências de abordagem sugeridas, este tema seria abordado no primeiro ano do ensino médio em todas, alterando apenas do primeiro semestre para o segundo semestre letivo. Neste tema, a cinemática não iria ser tratada de maneira tão extensa como ocorre tradicionalmente. Nessa nova abordagem ela iria apenas comparecer "[...] para dar significado às variações dos movimentos através dos conceitos de velocidade e aceleração"(BRASIL, 2002, p. 69).

Nós não compartilhamos desta sugestão. Restringir o estudo e a extensão da cinemática a simplesmente dar significado a variação de movimento através dos conceitos de velocidade e aceleração é menosprezar as potencialidades deste estudo no desenvolvimento das competências desejadas a um aluno do ensino médio.

Este é apenas um dos motivos que nos levou a optar pela análise da cinemática. A cinemática ocupa um papel central no desenvolvimento da ciência. Seu estudo, no âmbito do ensino médio, pode auxiliar fortemente no desenvolvimento das três competências atribuídas a área das ciências, matemática e suas tecnologias.

Historicamente a física, ciência que estuda a natureza e os seus fenômenos, tem suas primeiras contribuições com os gregos antigos. Aristóteles, por exemplo, fez várias afirmações sobre a natureza das coisas e o movimento dos corpos. É através da observação do movimento dos astros e de sua periodicidade que o homem antigo pôde marcar o tempo, determinar o início das estações do ano, calcular a melhor época para plantar, prever o início de períodos muito chuvosos ou secos, etc. Também, através da observação do céu noturno e do movimento do Sol durante o dia, o homem foi capaz de se orientar e se localizar nos seus deslocamentos muito antes da invenção da bússola. Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época é uma das habilidades que o estudo da cinemática pode proporcionar.

Além disso, para estudar os movimentos e compreendê-los foram necessários a construção de modelos. Desde os modelos geocêntrico e heliocêntrico que buscavam prever o movimento dos astros no firmamento ou a *antiperistasis* de Aristóteles[2] e o *impetus* de Buridan[3] para compreender os movimentos violentos, por exemplo, até os dias atuais onde são apresentados modelos de movimento retilíneo uniforme e uniformemente variado em quase todos os livros didáticos, a construção, interpretação e utilização de modelos está fortemente presente na cinemática. Dessa forma, compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os

[2] Um corpo só poderia estar em movimento se uma força atuasse sobre ele. Uma bola lançada no ar, por exemplo, iria permanecer em movimento porque o ar que estaria à frente da bola seria deslocado para trás, impulsionando-a (nota do autor).

[3] Um corpo lançado no ar, por exemplo, continua em movimento por certo tempo porque uma força motriz incorpórea foi transmitida ao corpo pelo motor inicial que deu origem ao movimento (nota do autor).

modelos atuais, sem dogmatismos ou certezas definitivas também é uma habilidade que pode ser muito bem desenvolvida na cinemática. Estas habilidades acima descritas, por exemplo, estão inseridas em uma competência maior que objetiva a contextualização histórica e social.

Outra competência geral está associada a representação e comunicação. Ler e interpretar corretamente tabelas, gráficos, esquemas e diagramas; construir esquemas para a resolução de problemas; construir tabelas e transformá-las em gráfico ou vice-versa; compreender que tabelas, gráficos e expressões matemáticas podem ser diferentes formas de representação de uma mesma relação são apenas alguns pontos que podem ser devidamente desenvolvidos no estudo da cinemática, contribuindo na formação do cidadão que desejamos.

Além disso, na competência da investigação e compreensão podemos situar o problema central da cinemática: a abstração e matematização do mundo. Analisar um movimento, construindo um modelo abstrato que o representa através de uma expressão algébrica foi durante muitos séculos algo impraticável. Os gregos antigos já utilizam a geometria com seus ciclos, epiciclos e esferas concêntricas para tentar modelizar o movimento dos astros. Contudo, apenas no século XVII, com os trabalhos de Issac Newton, segundo Cohen (1980), é que se obteve um método invariavelmente bem sucedido de se lidar matematicamente com as realidades do mundo externo.

Poder descrever um movimento através de uma expressão algébrica é algo fantástico. Analisar esta expressão e inferir as causas deste movimento é algo que transcende o estudo da cinemática. A matematização do mundo permitiu que a ciência se desenvolvesse até os patamares onde se encontra hoje. Sem ela, grande parte das tecnologias atuais que permeiam nosso convívio, não passariam de devaneios num conto de ficção.

2.2. A MATEMATIZAÇÃO NA FÍSICA

Quando o foco principal de uma aula de física está na resolução de problemas utilizando expressões matemáticas oriundas de princípios físicos, sem que se faça qualquer alusão ao fenômeno físico em si ou ao modelo utilizado, é natural que se entenda a física como uma espécie de matemática aplicada. Como já abordado anteriormente, muitos problemas vêm idealizados de tal forma que para sua resolução basta uma mera aplicação de fórmulas. O aluno que consegue retirar os

dados do problema e sabe qual expressão utilizar, resolve os problemas sem necessariamente compreender o fenômeno físico em si.

Menezes (1993) e Souza e Donangelo (2012) criticam a matematização precoce e exagerada da cinemática abordada em sala de aula no ensino médio. Devemos ter bastante cuidado com o termo matematizar. No nosso entendimento, concordamos com o posicionamento de Vargas (1996) que afirma que a matematização na física consiste na formulação matemática de teorias da natureza, ou seja, na construção de um modelo matemático para uma dada situação.

O papel da matematização e da matemática no estudo das ciências naturais é extremamente importante. Ela possibilita que relacionemos grandezas físicas diferentes através de uma expressão algébrica e com isso determinar a magnitude destas grandezas tanto em eventos passados como futuros. Como exemplo podemos citar o trabalho de Isaac Newton publicado no Princípios Matemáticos da Filosofia Natural (em latim *Philosophiae naturalis principia mathematica*, também denominado de *Principia Mathematica* ou simplesmente *Principia*) em 1687.

Segundo Cohen (1980), Newton, assim como Descartes, Bacon, Huygens, Hooke e Boyle, estavam comprometidos com um novo método de investigação da natureza que estava surgindo no século XVII. Para eles, o fruto da investigação da natureza traria melhorias para vida do homem na Terra em áreas como agricultura, medicina, navegação, comunicação, guerra, manufatura e mineração. A visão corrente da época e defendida firmemente por outros cientistas é que a busca da compreensão da natureza era prático apenas na medida em que poderia avançar o entendimento do homem sobre a sabedoria e o poder divino.

As descobertas científicas, segundo este novo método, eram obtidas através de uma ferramenta de investigação que direcionava a mente de forma infalível para os segredos da natureza. Este método era experimental e baseado na indução além de ser quantitativo e não meramente observacional. Assim sendo, podia levar a leis e princípios matemáticos.

O *Principia* de Newton é constituido por três volumes. Os dois primeiros são formados por princípios matemáticos abstratos por ele desenvolvidos. É apenas no terceiro que Newton aplica os princípios matemáticos na explicação dos movimentos no mundo físico. Newton foi pioneiro, segundo Cohen (ibid.), ao introduzir uma análise

matemática no estudo da natureza, desenvolvendo uma matemática diferente da tradicional geometria grega.

O método newtoniano consistia em estabelecer uma relação entre simplificações e idealizações de situações que ocorriam na natureza e os seus análogos no domínio matemático. Ele foi capaz de produzir sistemas e princípios matemáticos que podiam ser aplicados a natureza, as suas leis e dados obtidos através da experimentação. Dessa forma Newton pôde tratar problemas da natureza nas ciências exatas como se fossem exercícios de matemática pura além de articular experimentos e observação com a matemática de uma forma extremamente produtiva.

Newton, no desenvolvimento de seu método segundo Cohen (ibid.), começava com um conjunto de entidades e condições físicas previamente assumidas que eram uma simplificação da natureza em estudo e que podiam ser transferidas do mundo físico para o domínio da matemática. Como exemplo podemos citar o movimento dos planetas. Newton reduziu o movimento dos planetas para um sistema de um único corpo movendo em um campo submetido a uma força central. Considerou o planeta como um ponto material e supos este se movendo num espaço matemático, num tempo matemático. Nesta construção, Newton não fez apenas a simplificação e a idealização de um sistema encontrado na natureza. Ele concebeu um sistema na matemática que era um análogo do sistema natural. A medida que as condições físicas do sistema tornavam-se regras matemáticas ou proposições, suas consequências podiam ser deduzidas pela aplicação de técnicas matemáticas.

Como o sistema matemático era um análogo do sistema físico, as regras ou proporções derivadas matematicamente de um podiam ser transferidas de volta para o outro e, em seguida, comparados e contrastados com os dados de experimentação e observação. Esta comparação e contrastação com a realidade da natureza geralmente exigia uma modificação do análogo matemático inicial. Isto levava a outras deduções e ainda a uma nova comparação e contrastação com os dados experimentais e observacionais. Este processo levava a sistemas de complexidade cada vez maiores e a um aumento da verossimilidade da natureza estudada. Em síntese, Newton acrescentava sucessivamente novas entidades, conceitos ou condições ao sistema matemático de tal forma a tornar as suas consequências tanto matematicamente deduzidas quanto as condições definidas, em conformidade com o mundo real.

Para Newton, segundo Cohen (ibid.), havia um estágio final neste processo. O processo terminava quando o sistema e suas condições não representavam mais meramente a natureza simplificada e idealizada de uma construção matemática, mas pareciam estar de acordo com as realidades do mundo externo. Quando isso ocorria, era possível aplicar o conjunto de princípios matemáticos no mundo físico para elaborar um sistema que permitia compreender a natureza estudada.

Para Cohen (ibid., p.64, tradução nossa) "é uma característica do estilo newtoniano que a matemática e não uma série de experimentos é que levam para o mais profundo conhecimento do universo e seu funcionamento." A capacidade de expressar leis da natureza como relações matemáticas entre quantidades físicas observáveis, principalmente em relação à ciência do movimento, foi um dos grandes feitos de Newton. Antes dele, as leis da ciência não eram escritas na forma algébrica. Eram predominantemente discursivas.

Para d`Alembert

> Newton apareceu e foi o primeiro a mostrar o que seus predecessores vislumbraram, a arte de introduzir matemática na física e a criação, unindo experimento e cálculos, de uma profunda, brilhante, nova ciência (d`ALEMBERT apud COHEN, ibid., p. 45, tradução nossa).

Segundo Cohen (ibid.), os *Principia* de Newton não foram revolucionários por aplicar matemática ao estudo das ciências naturais. Isto já tinha sido feito por Galileu, Kepler, Huygens e Copérnico. Até os gregos Arquimedes e Ptolomeu já tinham introduzido a matemática no estudo dos problemas do mundo externo. O caráter revolucionário estava na elaboração de um método invariavelmente bem sucedido de lidar matematicamente com as realidades do mundo externo reveladas através dos experimentos e da observação e codificados pela razão. O *Principia* são princípios matemáticos. A exploração das propriedades dos vários movimentos sob determinadas condições é baseada na matemática, principalmente geometria analítica e cálculo, e não na experimentação e na indução.

Newton foi primeiramente um matemático. O instinto matemático o levou a fazer generalizações. Por isso, segundo o autor, ele não conseguia se restringir às condições da natureza. O legado de Newton persiste até os dias de hoje. Combinar métodos matemáticos

com os resultados de experimentos e observações é seguido por muitos cientistas atualmente.

Para Cohen (ibid.), Newton produziu uma revolução surpreendente na ciência através da aplicação matemática para os fenômenos naturais. Seu estilo permitiu a matematização dos processos da natureza, demonstrando sua grande habilidade em matematizar ciências empíricas. O estudo dos movimentos e a tentativa de compreendê-los e prevê-los, iniciando com os gregos antigos, encontra no trabalho de Newton um cientista pioneiro que foi capaz de relacionar dados observáveis da natureza com funções matemáticas. Pode-se afirmar que Newton foi capaz de representar o mundo matematicamente através da geometria, álgebra, proporções, limites, séries infinitas e outras ferramentas matemáticas como ninguém que o precedeu já havia feito. Dessa forma, pode-se dizer que foi assim que surgiu uma das mais poderosas ferramentas para compreender o mundo externo.

Com base no processo de matematização da ciência abordado até o presente momento, exemplificado através da obra de Isaac Newton segundo Cohen (ibid.), será que este processo é explorado nos livros didáticos que abordam a cinemática no ensino médio? O que é bastante comum nos livros didáticos de física é a resolução de exercícios algébricos, que como já visto, não é necessariamente sinônimo de matematizar. As relações entre as grandezas estudadas na cinemática já vem pré-estabelecidas. Não é comum solicitar que o aluno encontre uma relação matemática entre dados observados na natureza. Mais do que isso, não é normalmente mostrado ao aluno que a matematização extrapola o estudo das ciências naturais. Estabelecer uma relação matemática entre grandezas medidas pode ser tão importante para prever o comportamento de um satélite que orbita a Terra quanto para tentar prever o comportamento de uma determinada ação na bolsa de valores ou o comportamento de algum índice econômico.

Outro ponto que mostra o caráter revolucionário de Newton para a ciência envolve a universalidade das leis e expressões. Segundo Cohen (ibid.), Newton mostrou em seu *Principia* que a física celeste é a mesma da física terrestre. Os movimentos que acontecem na esfera celeste são explicados por um pequeno conjunto de leis bastante simples que explicam também os movimentos na Terra. Newton foi pioneiro ao unir a física celeste e a terrestre sob o mesmo conjunto de leis e princípios gerais e universais.

Será que um aluno de ensino médio, ao estudar a cinemática e a dinâmica do primeiro ano, tem noção que a mesma lei que explica a queda dos corpos nas proximidades da Terra também explica as marés, o movimento da Lua em torno da Terra e o movimento da Terra em torno do Sol? Provavelmente ele estudou todos estes movimentos mas será que foi capaz de fazer a relação destes movimentos com uma única lei universal? Será que este aluno, ao estudar em eletricidade como varia a força de atração ou repulsão entre duas cargas elétricas, conseguiu perceber que a força variando com o inverso do quadrado da distância é uma lei geral que se aplica para descrever a interação dos astros em movimento em torno de um corpo central e o movimento de queda dos corpos na proximidade da Terra? Newton conseguiu demonstrar a universalidade das leis e princípios da física no final século XVII e início do século XVIII. Passados mais de 200 anos, isto é evidente para os alunos do ensino médio?

O estudo da cinemática no ensino médio deveria contribuir para demonstrar a universalidade destas leis e princípios físicos, pois uma das vantagens desta ciência é a necessidade de poucas leis e princípios gerais para explicar a natureza.

Da maneira como muitos livros didáticos de física tradicionalmente estão estruturados isto não é explícito. O aluno estuda capítulo após capítulo, começando com os movimentos terrestres mais comuns na cinemática, passa para o estudo da dinâmica com as leis de Newton e só ai estuda os movimentos dos astros baseados nas três leis de Kepler e na lei da gravitação universal de Newton, que não é nada mais que a demonstração de que a força de atração entre os corpos varia com inverso do quadrado da distância. Passados pelo menos dois anos, quando este aluno está no último ano do ensino médio, a lei que determina que a força varia com o inverso do quadrado da distância ressurge no estudo da interação entre cargas elétricas. A mesma lei que explicava a atração entre corpos no mundo macroscópico é aplicada a partículas tão pequenas quanto as que encontramos presentes no átomo. É a mesma lei envolvendo apenas grandezas físicas diferentes e constantes distintas. É a simplicidade de leis universais aplicadas tanto no mundo macroscópico quanto no mundo microscópico em diferentes divisões da física clássica.

2.3. A CINEMÁTICA NOS LIVROS DIDÁTICOS

Uma das críticas apontadas por Menezes (1993) é de que a cinemática ocupa um espaço muito grande no ensino médio. Dependendo da escola e do professor, ela pode ser abordada em um período que vai de um semestre até um ano. Sabendo que o ensino médio tem uma duração de três anos, que na maioria das escolas públicas o professor de física tem em média duas aulas por semana e que além da cinemática ainda existem outros tópicos da mecânica, termologia, óptica, ondulatória, eletricidade e física moderna que se gostaria de abordar com o aluno, não é difícil perceber que indubitavelmente faltará tempo para o professor trabalhar tudo aquilo que ele deseja.

Este é outro motivo que nos direcionou a investigar melhor a cinemática no ensino médio. Comentários e críticas a parte, os professores em média utilizam um período considerável do ensino de física para tratar especificamente desta parte da mecânica, como afirma Menezes (ibid.). Pode-se perceber uma tradição muito forte no ensino e na manutenção deste tópico nas escolas atualmente. Convém então, compreender melhor esta tradição para que possamos tentar identificar os obstáculos que surgem quando se tenta propor alguma mudança no currículo. Além disso, com o ensino de cinemática fortemente estabelecido, é importante que se determine as habilidades que são estimuladas no estudante e verificar se elas estão alinhadas segundo a concepção de ensino de física já discutido anteriormente.

Para compreender melhor o que levou o ensino de cinemática a ser estruturado da forma como está atualmente, fez-se necessário compreender como a física e a própria cinemática evoluíram nas instituições de ensino no Brasil ao longo do tempo.

Nicioli Junior e Mattos (2005, 2006, 2007, 2008) analisararam os livros de física e a forma como a cinemática era apresentada ao aluno nos livros mais utilizados nas escolas do país desde o século XIX, quando a disciplina física passou a ser oferecida no ensino de ciências exatas no Colégio Pedro II, criado em 1838 no Rio de Janeiro. A criação do Colégio Pedro II foi um marco importante na história da educação no Brasil. Sua criação teve por objetivo organizar o ensino secundário além de servir de modelo para outras instituições de ensino no país. Segundo eles, foram identificados quatro momentos distintos para a descrição da cinemática nos livros de física.

O primeiro momento foi resumido pelos autores numa abordagem descritiva dos fenômenos naturais com suas explicações apoiadas na filosofia. Este período era caracterizado pela presença da crença divina na explicação de determinados conceitos. Para os autores havia uma manifestação divina na regência das leis naturais. A cinemática era tratada sem a necessidade de fórmulas ou expressões matemáticas. Os conceitos eram explorados apenas através de uma descrição. Este período durou até a metade do século XIX quando os livros didáticos começaram a apresentar uma forma diferenciada de expor seus conteúdos. Com a pesquisa científica abordando áreas como eletricidade, magnetismo, óptica e acústica, a atenção acabou se voltando mais para estas áreas. As pessoas começavam a lidar com modernidades científicas e, portanto, compreendê-las era muito importante. Neste contexto, os livros de ciências, mas especificamente os de física, assumiram o papel de enciclopédia do conhecimento.

O segundo momento, que se iniciou na metade do século XIX, foi resumido por eles como um momento descritivo-experimental. A descrição ainda estava presente mas agora eram os agentes físicos e não as manifestações divinas que regiam os fenômenos naturais. A abordagem dos livros didáticos, que era puramente descritiva, continha agora fórmulas dos movimentos e descrições de aparatos físicos. Os autores dos livros didáticos começavam a utilizar ilustrações de aparatos físicos como a máquina de Atwood e o tubo de Newton ou de aparelhos do cotidiano para a explicação dos conceitos. "A abordagem dos conceitos desloca-se da exclusiva descrição aritmética para a descrição por meio de experimentos ou aparelhos" (NICIOLI JUNIOR e MATTOS 2008, p. 209).

Neste período também surgiu uma inovação. Alguns autores optaram por acrescentar alguns exercícios no apêndice do livro, inspirados nos autores franceses. Estes exercícios eram basicamente aplicações de fórmulas desenvolvidas ao longo do livro.

Gradativamente os livros deste período foram se adequando a concepção de ciência da época. Os embates filosóficos em torno de conceitos e teorias foram substituídos por análises de equipamentos como motores, geradores, telefones, telégrafos entre outros.

É importante ressaltar que neste período, motores, geradores e telégrafos representavam o ápice do desenvolvimento tecnológico. Além disso, o desenvolvimento destes dispositivos só foi possível em função dos avanços no estudo da eletricidade e do eletromagnetismo do final do século XIX.

O terceiro momento foi descrito por Nicioli Junior e Mattos (ibid) como marcado por uma abordagem demonstrativa-experimental, ocorrendo na passagem do século XIX para o século XX. Neste momento surgiu uma mudança na abordagem do conteúdo com a utilização da álgebra, de esquemas e exemplos hipotéticos. Mesmo assim, os livros ainda utilizavam figuras de aparelhos e aparatos para a explicação dos fenômenos.

Vale ressaltar que até este momento o conteúdo de cinemática era bastante inexpressivo se comparado aos outros temas abordados nos livros didáticos. Segundo os autores, o livro intitulado "Lições de Physica" de Oscar Nerval de Gouveia, professor do Colégio Pedro II, apresentava apenas duas páginas dedicadas a cinemática de um total de quase 450 páginas. Desta informação podemos deduzir que a cinemática apresentava pouca expressão no ensino secundário da época se comparada às outras áreas da física. Cenário este, muito diferente daquele que encontramos tradicionalmente na maioria dos livros didáticos de física atuais.

É nesta época também que surge uma modificação na proposta metodológica dos livros didáticos de física brasileiros que perdura até hoje. Diferentemente do que ocorria com os livros didáticos franceses que acrescentavam alguns exercícios no apêndice do livro, alguns autores brasileiros incorporaram os exercícios diretamente no conteúdo. Para Nicioli Junior e Mattos (ibid, p.204) "[...] está nova proposta altera o conteúdo dos livros didáticos de Física para sempre". O exercício de física passa a desempenhar um papel importante na fundamentação do conteúdo e como exemplo de aplicação numérica das fórmulas.

O último momento descrito pelos autores tem início nas primeiras décadas do século XX. Ele é caracterizado pela algebrização do conteúdo. A cinemática passa a ser abordada de maneira que o foco esteja voltado para a dedução das equações do movimento a partir de exemplos hipotéticos. Não se utilizavam mais aparelhos e aparatos físicos para descrever os fenômenos, o que era comum nos livros até o momento. Nos livros analisados pelos pesquisadores, percebeu-se que a referência francesa praticamente desapareceu enquanto que livros de origem inglesa, alemã, italiana e espanhol eram citados. Estes autores apresentaram uma nova metodologia de ensino de física pautada na descrição de figuras geométricas e exemplos hipotéticos com o emprego da álgebra para o desenvolvimento dos conceitos. Esta

metodologia persiste em grande parte dos livros didáticos de física até os dias atuais.

Os quatro momentos identificados pelos pesquisadores são reflexo de como o ensino de física estava estruturado no país ao longo de cada período por eles identificado.

No início do século XIX, o ensino secundário (atual ensino médio) apresentava um currículo fortemente humanista, com o intuito de capacitar e preparar as pessoas para o ensino superior, formando consequentemente a elite intelectual que continuaria a governar o país. Segundo Nicioli Junior e Mattos (2007), disciplinas como retórica, línguas e filosofias tinham a função de desenvolver o intelecto dos indivíduos para capacitá-los para o ensino superior, provavelmente para o curso jurídico, atribuindo ao ensino secundário um caráter propedêutico. As disciplinas de caráter científico não tinham esta função ficando praticamente excluídas do currículo. Neste período não havia a necessidade destas disciplinas uma vez que o Brasil ainda era escravagista. Não havia necessidade de tecnologias pois a mão de obra escrava era abundante.

Para ingressar no ensino superior nesta época, o sistema de admissão exigia que o aluno apresentasse um certificado composto por disciplinas de caráter humanista, chamado de preparatório. Como as disciplinas científicas não eram consideradas disciplinas preparatórias, estas não tiveram muita expressão no currículo até o final do século XIX.

Segundo os pesquisadores, o preparatório passou a ser tão importante que os estudantes da época se preocupavam apenas em adquirir o certificado de aprovação daquelas disciplinas para poder ingressar no ensino superior. Até esse período, o ensino secundário no país ficou reduzido às disciplinas exigidas para ingressar no ensino superior. A física, bastante inexpressiva no país, apresentava uma abordagem puramente descritiva dos fenômenos naturais nos livros didáticos.

Com o final do século XIX chegando, alguns acontecimentos mudaram o panorama no país. A abolição da escravatura, a revolução industrial na Europa e a chegada de imigrantes europeus ao país acarretaram um crescimento na urbanização e na industrialização. O país necessitava de pessoas com conhecimentos científicos para atuar no mercado. Isto justificaria a inserção de disciplinas científicas no currículo do ensino secundário tradicional. Os livros de física adotados neste novo panorama mudaram seu enfoque. Enquanto que

anteriormente se optava por uma abordagem mais qualitativa, discutindo alguns conceitos, os conteúdos agora passavam a ser mais elaborados, matematizados, com figuras e descrições de aparelhos e aparatos físicos.

Mesmo com a inserção da disciplina de física no currículo do ensino secundário, segundo Nicioli Junior e Mattos (ibid., p.7), "[...] a disciplina de Física não foi imediatamente valorizada pelos estudantes". Isto pode ser explicado pelo grande prestígio que o curso jurídico apresentava na época. Como consequência, as disciplinas humanas eram mais valorizadas em detrimento das disciplinas de caráter científico. Somente ao final do século XIX e início do século XX é que surgiu espaço para o ensino das engenharias.

Para os pesquisadores, o ensino científico durante todo o século XIX estava concentrado nas escolas militares. Estas escolas foram criadas para atender às necessidades específicas do meio militar. Para empreender táticas militares, utilizar armamentos, efetuar disparos de artilharia com precisão, construir ou destruir fortificações e operar os mais variados dispositivos bélicos e tecnológicos, eram necessários os conhecimentos de física, matemática, geometria, química entre outros.

Contrariando a tendência humanística educacional da época, os cursos militares sempre tiveram as disciplinas de caráter científico. Estas disciplinas serviam de preparação para o ensino das disciplinas militares. Segundo Nicioli Junior e Mattos (ibid., p.7), "[...] o ensino militar acabou sendo a base para outra formação, a dos engenheiros". Dessa forma, pode-se afirmar que as academias militares foram as grandes precursoras do ensino de ciências exatas, principalmente da física, no país.

Com um enfoque diferenciado, derivada da abordagem científica do currículo militar, surgiram as escolas politécnicas no final do século XIX e começo do século XX. Como o ensino de física no ensino secundário tradicional era muito superficial, dada a influência que recebia dos preparatórios, surgiram os cursos introdutórios das escolas politécnicas onde a abordagem da física, mais algebrizada, era direcionada para suprir as deficiências do ensino secundário e preparar o aluno para as disciplinas de caráter científico dos cursos superiores de engenharia.

Segundo Machado (2002), com a Reforma Francisco Campos de 18 de abril de 1931, decreto nº 19.890, o ensino secundário torna-se obrigatório e passa a ser denominado de curso complementar. Uma vez concluído o curso fundamental, o aluno podia optar por três alternativas

oferecidas no curso complementar de acordo com seu interesse. Ele podia optar pelo curso jurídico, pelo curso de medicina, farmácia e odontologia ou poderia optar pelo curso de engenharia e arquitetura. Este curso complementar era na verdade um curso preparatório para o ensino superior com as disciplinas obrigatórias ligadas a sua respectiva área de atuação. Segundo Nicioli Junior e Mattos (2008 p. 220) "[...] a Física incorporada no secundário é justamente a algebrizada e preparatória para os cursos superiores".

Uma década depois, em 1942, foi promulgada a Lei Orgânica do Ensino Secundário através do decreto-lei 4.244. Esta lei foi assinada pelo então ministro Gustavo Capanema e ficou conhecida como reforma Capanema. Segundo Nicioli Junior e Mattos (2006), está lei dividiu o curso secundário em dois ciclos. O primeiro ciclo de quatro séries foi chamado de curso ginasial enquanto que o segundo ciclo de três séries foi subdividido em curso clássico e curso científico. Para o aluno ingressar no ensino superior era necessário que ele concluísse os dois ciclos do curso secundário. O segundo ciclo servia de base para preparar o aluno para o exame de admissão ao ensino superior, ou como denominamos atualmente, vestibular.

A maneira como a física e a própria cinemática são abordadas nos livros didáticos vem sofrendo mudanças ao longo das décadas. Para os pesquisadores, analisando as obras do inicio do século XX percebeu-se claramente a diferença na abordagem da cinemática presente nos livros didáticos das décadas de 50 e 60. À medida que o tempo vai passando a cinemática vai ganhando mais espaço e especificidade nos livros didáticos. Isto é percebido através de uma descrição mais minuciosa dos movimentos culminando com a realização de exercícios para exemplificar o conteúdo abordado.

Para os pesquisadores, a pedagogia utilizada nos livros da década de 50 e 60 era informativa uma vez que a transmissão do conhecimento se dava em uma única via. O aluno era o receptor passivo e o professor o transmissor do conhecimento. Não se apresentava a ciência como historicamente construída enquanto que o conteúdo era mera reprodução do saber, predominando a memorização por parte do aluno. O conteúdo nos livros didáticos era axiomatizado além de apresentar fortes indícios de que a resolução de exercícios fosse uma prática muito valorizada na época. Talvez seja a origem da supervalorização da resolução de exercícios presente atualmente no ensino de física. Para um aluno do secundário nesta época, a física se

restringia a cálculos complicados onde a principal finalidade era preparar para o ensino superior.

Passados pouco mais de meio século, os livros didáticos de física voltados para o ensino médio não sofreram alterações profundas. A presença de exercícios ao final de cada capítulo ou ao final de cada seção é ainda muito comum. Várias questões de vestibulares, em alguns casos dispostas em ordem crescente de dificuldade, são apresentadas para o aluno para que este possa exercitar o conteúdo abordado no livro. A cinemática continua sendo abordada nos primeiros capítulos do livro do primeiro ano pela grande maioria dos autores, seguindo uma sequência de assuntos tradicionalmente construída. Os conteúdos ainda permanecem fortemente axiomatizados em grande parte dos livros.

Em contrapartida, podemos perceber também a presença de novidades oriundas dos avanços tecnológicos presente nos dias atuais. Alguns autores fornecem ao aluno a possibilidade de realizar um cadastro no sitio da editora para que este tenha acesso a uma série de animações, textos e mais exercícios presentes em um banco de questões virtual. Em alguns sítios existe a possibilidade do aluno participar de provas simuladas virtuais para que ele possa testar seus conhecimentos. Também é comum a presença de *links* que direcionam o aluno para uma determinada página da internet onde encontrará alguma complementação do texto impresso.

A preocupação em oferecer uma boa preparação para os concursos vestibulares e para o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) é muito presente nos livros didáticos. A rapidez com a qual as novas edições são lançadas contendo pequenos anúncios na capa indicando que a presente edição contém as questões do último ENEM ou dos últimos vestibulares é um forte indicador desta preocupação.

Em suma, Nicioli Junior e Mattos conseguem sintetizar muito bem o que vem definindo a forma como os livros didáticos de física são estruturados ao longo do tempo ao afirmar que

> ... os livros didáticos de Física são reflexos de um poder dominante e, devido a isso, sofrem influências sociais e políticas na escolha de seus conteúdos. Ou seja, as influências que os livros didáticos vem sofrendo são "ajustes" para cada época onde é moldado o conhecimento que deve ou não ser adquirido pela sociedade imersa nesse cenário (NICIOLI JUNIOR e MATTOS, 2006 p.3).

2.4. A TEORIA ANTROPOLÓGICA DO DIDÁTICO (TAD)

Para que possamos responder à pergunta que gerou esta pesquisa, podemos analisar os vários atores presentes no processo de ensino e aprendizagem de física no ensino médio. Podemos analisar o que os alunos aprendem ao longo das aulas de cinemática bem como entrevistar os professores, por exemplo, na tentativa de levantar seus objetivos de ensino.

Contudo, não iremos analisar nenhum destes dois atores, por mais importantes e fundamentais que sejam no processo de ensino e aprendizagem da cinemática.

Nosso recorte de pesquisa irá focar exclusivamente a análise do livro didático destinado ao público do ensino médio. Independente da escola, quer pública ou privada, situada em grandes centros ou na periferia, voltada a um público mais elitizado ou menos favorecido, o livro didático é um instrumento muito presente nas relações de ensino e aprendizagem.

Independente da concepção do professor acerca da educação, da sequência didática utilizada, do discurso proferido em sala de aula, das atividades propostas para os alunos, o livro didático acaba sempre intermediando a relação entre professor, aluno e conhecimento e muitas vezes influenciando de forma decisiva aquilo que o professor abordará, as atividades que ele fará, as lições de casa que os alunos estudarão e as questões que o professor irá propor nas avaliações de conhecimento.

Sua influência é tão significativa que, segundo Alves Filho, Pietrocola e Pinheiro (2001), o livro didático acaba sendo a fonte, muitas vezes única, do professor de ensino médio, para preparar suas aulas e demais atividades. E não somente do professor. Mesmo nos dias atuais, com a popularização da internet e a facilidade que nossos alunos têm de navegar em diversos sítios, o livro didático acaba muitas vezes sendo também a principal e as vezes única fonte de consulta utilizada pelo estudante no que se refere ao estudo da física no ensino médio.

Na análise do livro didático iremos nos restringir a estudar os exercícios e problemas lá inseridos, tanto os resolvidos pelos autores a título de exemplo quanto aqueles propostos para o aluno resolver. São estes exercícios que o aluno fará quando for estudar o assunto para uma avaliação de conhecimentos e são estes exercícios que muitas vezes irão nortear e até determinar a tipologia das questões que o professor irá fazer nas avaliações ou cobrar nas tarefas de casa.

Entendemos que a distinção entre problemas e exercícios é muito sutil e está intimamente ligada ao conhecimento do aluno. Desta forma, é importante clarificar quando usaremos um termo ou outro. Adotaremos a distinção explicitada por Echeverría e Pozo (1998). Para os autores, durante a resolução de um problema cuja solução é desconhecida, buscam-se técnicas e procedimentos que são de domínio do aluno para a sua resolução. O problema apresenta uma situação inédita, mas requer a utilização de estratégias e técnicas já apreendidas. Faz se necessária a reflexão e a tomada de decisões sobre as etapas a seguir. A resolução de um problema pode admitir diferentes caminhos e diferentes soluções. Já um exercício implica em um algoritmo. Conhecem-se antecipadamente as etapas que levam a solução desejada. Não existe a necessidade de nenhum conhecimento ou habilidade nova. O aluno pode chegar ao resultado desejado sem enveredar por caminhos desconhecidos. O exercício possibilita a consolidação de habilidades e instrumentos básicos.

Para que possamos efetuar esta análise dos exercícios e problemas presentes nos livros didáticos de física, necessitaremos de um instrumento de análise, um instrumento para entender o fenômeno didático que é a resolução de exercícios e problemas. Este instrumento será a Teoria Antropológica do Didático (TAD) de Chevallard (1999).

Yves Chevallard nasceu em primeiro de maio de 1946 na França. Graduou-se em matemática e desde 1971 publica artigos em vários jornais e revistas científicas. Atualmente é professor da Universidade de Aix-Marseille IUFM, atuando na área da didática da matemática. Ele tem sido orador convidado em várias conferências e reuniões científicas em diversos países. Juntamente com Mariana Bosch e Josep Gascón é autor do livro "Estudo da Matemática: o elo perdido entre o ensino e a aprendizagem" da ICE Horsori de Barcelona. Também é autor de uma obra bastante difundida no âmbito da educação nos países de língua hispânica: o livro "A Transposição Didática: do saber sábio ao saber ensinado" do Grupo Aique Editor de Buenos Aires.

A Teoria Antropológica do Didático (TAD) de Chevallard (ibid.) situa a atividade matemática e consequentemente o estudo da matemática no conjunto de atividades humanas e de instituições sociais. Podemos estender esta compreensão do autor para o estudo da física no ensino médio. Para ele, toda atividade humana regular pode ser descrita através de um modelo denominado praxeologia ou organização praxeológica, que abordaremos mais a frente.

A TAD permite analisar qualquer tipo de atividade humana desde que esta envolva uma praxeologia. Dessa forma é possível analisar estas atividades desvendando a sua praxeologia. Como a TAD é um instrumento de análise, uma ferramenta, ela não possibilita e muito menos pretende defender qualquer concepção de educação ou metodologia de ensino. Ela possibilita sim, uma compreensão sobre o que se está fazendo e é o que se está fazendo que pressupõe uma concepção de educação.

Mesmo sendo bastante recente, já existem alguns trabalhos realizados que envolveram a utilização da TAD. Kurnaz e Saglan Arslan (2009) fizeram um estudo das complexas relações entre as condições de ensino do conceito de energia na física e as relações pessoais dos estudantes com este conceito, utilizando a TAD como referencial teórico. Nagamine, Henriques, Utsumi e Caroria (2011) apresentaram as possíveis contribuições da TAD em uma sequência didática que trabalha noções elementares da teoria da probabilidade para a educação básica. Silva (2010) identificou os tipos de tarefas dentro das abordagens de comprimento em livros didáticos de matemática do ensino fundamental aprovados pelo PNLD 2008, a luz da TAD. Carvalho (2007) promoveu uma reflexão sobre o uso de provas e demonstrações no conteúdo algébrico conjuntos e conjuntos numéricos, abordados em livros didáticos do primeiro ano do ensino médio empregando a TAD.

Como pudemos perceber, a TAD tem sido utilizada em vários trabalhos, alguns envolvendo análises em livros didáticos. Contudo, são os pesquisadores da área da matemática que mais a tem empregado ao longo dos seus estudos.

Segundo Chevallard (2006, p.1, tradução nossa) "[...] a TAD nasceu por volta de 1980 com a teoria da transposição didática". Ela foi construída desde o início como uma teoria ampla capaz de abordar os problemas do conhecimento e de sua disseminação capturados em sua especificidade. Para o autor, a TAD parte do postulado de que todas as atividades humanas podem ser analisadas a partir de estruturas chamadas de tipos de tarefas. Ele reforça que a palavra tipo é essencial neste contexto pois nos permite compreender, mesmo que aproximadamente, o conteúdo da atividade humana, individual ou coletivamente, dentro de uma determinada sociedade ou pelo menos dentro de uma determinada instituição desta sociedade. Para Chevallard (ibid., p.2, tradução nossa) "[...] não há nada na atividade humana que não possa ser descrita em termos de tais tarefas".

Dessa forma, as tarefas (t) podem ser agrupadas em tipos de tarefas (T). Estas tarefas são geralmente descritas por um verbo como, por exemplo, caminhar até a padaria; encontrar as raízes de uma equação de segundo grau; dirigir um automóvel; calcular o peso de uma pessoa; organizar um casamento entre outros.

Contudo, a noção de tipo de tarefa revela um objeto muito mais preciso. Caminhar até a padaria é um tipo de tarefa enquanto que apenas caminhar não é. Apenas caminhar se enquadra como um gênero de tarefa que segundo Chevallard (1999) necessita de um determinante. Caminhar para onde? Para a padaria? Para o banco? Para casa? Para a escola?

No âmbito da TAD, conforme o autor, as tarefas, os tipos de tarefas e os gêneros de tarefas não são dados na natureza. São construções institucionais cuja reconstrução em determinada instituição é um problema complexo que é objeto de estudo da didática.

Para ele, as tarefas de um certo tipo requerem uma certa maneira de fazer as coisas, uma técnica (τ). Dessa forma, "[...] qualquer tipo de tarefa T está associada a uma técnica que permite executar as tarefas do tipo T" (CHEVALLARD, p.3, 2006, tradução nossa). Para explorar um pouco mais o que o autor entende por técnica podemos citar um exemplo bastante simples, pertinente à área da física.

Suponha que você deseja determinar o peso de um corpo de massa conhecida sobre a superfície da Terra. O tipo de tarefa consiste em determinar o peso de um corpo de massa conhecida. Para que você realize esta tarefa você precisa conhecer o valor da aceleração da gravidade e multiplicá-lo pelo valor da massa. Assim sendo, se o corpo, por exemplo, apresenta uma massa m = 10 kg e, aproximando a aceleração da gravidade na superfície da Terra para g = 9,8 m/s^2, encontraremos um peso de 98 N quando multiplicamos estes dois dados. Esta maneira de efetuar a tarefa, de resolver o problema, é que compõe a técnica (τ).

É importante ressaltar que o autor alerta que uma determinada técnica apresenta um alcance limitado sobre um determinado tipo de tarefa T, ou seja, não se pode afirmar que determinada técnica seja capaz de resolver todas as tarefas do tipo T mas sim, apenas uma parte desta tipologia de tarefas. Desta forma, uma determinada técnica pode ser superior a outra em alguma parte do tipo de tarefa T mas não sobre toda T.

O autor ainda afirma que as técnicas não precisam ser de natureza algorítmica. Efetuar uma multiplicação de dois números

inteiros com mais de um dígito cada um permite a construção de uma técnica algorítmica para sua resolução. Assar um bolo também permite a construção de uma técnica algorítmica mas pintar uma paisagem, assistir a uma peça teatral ou conversar descontraidamente com alguém não o permitem. No entanto, existe uma tendência de algoritmização da técnica quando esta é usual e presente a bastante tempo em determinada instituição.

Assim sendo, dada uma determinada instituição e um tipo de tarefa, existem pouquíssimas, as vezes apenas uma, técnica reconhecida institucionalmente para resolver determinado tipo de tarefa. Para Chevallard (ibid.), a naturalização de algumas técnicas institucionais faz com que outras técnicas, perfeitamente válidas e aceitas em outras instituições, tornem-se constestáveis e inaceitáveis naquela determinada instituição. Para o autor, existe uma verdadeira paixão dos sujeitos pertencentes a uma dada instituição pelas técnicas naturalizadas naquele âmbito.

No entanto, como saberemos se uma determinda técnica é válida? Como saberemos se podemos proceder da maneira descrita anteriormente para encontrar o peso de um corpo de massa conhecida? A técnica que foi apresentada está correta? Ela pode ser justificada? Para Chevallard (2006) o questionamento sobre a técnica empregada necessita de um discurso de justificação, ou seja, um discurso fundamentado *(logos)* sobre a técnica *(techné)*. O autor nomeia este discurso de tecnologia (θ). A tecnologia justifica racionalmente a técnica empregada, assegurando que esta possibilite realizar as tarefas do tipo T.

No exemplo citado anteriormente, a técnica proposta para determinar o peso de um corpo de massa conhecida pode ser justificada através da segunda lei de Newton. Em síntese, esta lei afirma que a aceleração adquirida por um corpo é diretamente proporcional a força que atua sobre este corpo e inversamente proporcional a sua massa, ou seja, $a = F/m$. Como a força peso é a força com a qual a Terra atrai esse corpo em direção ao seu centro e como a aceleração de queda de um corpo nas proximidades da superfície, desprezadas quaisquer resistências ao movimento, é dada pela aceleração da gravidade, para determinar a intensidade da força utilizando a segunda lei de Newton basta multiplicar a aceleração do movimento pela massa do corpo em questão. Dessa forma podemos perceber que a técnica empregada é válida para resolver a tarefa proposta.

Segundo Chevallard (1999), o estilo de racionalidade varia conforme a instituição de forma que uma determinada racionalidade institucional pode parecer pouco racional em outra instituição.

Para ele, em uma instituição, qualquer que seja o tipo de tarefa, a técnica relativa àquela tarefa está frequentemente acompanhada de um vestígio de tecnologia.

Segundo o autor, existem algumas técnicas denominadas de canônicas no âmbito de uma instituição. Estas técnicas são as únicas reconhecidas e empregadas na instituição, podendo atuar de maneira que não necessitem de justificação porque "[...] é a maneira correta de agir" (CHEVALLARD, ibid., p. 225, tradução nossa).

Além de justificar a técnica empregada, o autor defende que a tecnologia também exerce a função de explicar e de tornar inteligível esta técnica, ou seja, além de validar a técnica empregada, a tecnologia também explicita porque determinada técnica pode ser considerada correta. Segundo ele, as tecnologias também exercem a função de produção de técnicas. Para o autor existem sempre tecnologias potenciais a espera de uma técnica. Estas tecnologias ainda não estão associadas a uma técnica ou associadas a pouquíssimas técnicas.

No entanto, para Chevallard (2006), o discurso da tecnologia não e capaz de suportar a si mesmo. Ele é baseado em um nível maior de justificação denominado de teoria (Θ). No caso do exemplo citado anteriormente, é a mecânica clássica que ocupa o papel da teoria para justificar a tecnologia empregada na resolução da tarefa proposta.

A teoria, segundo o autor, assume um papel perante a tecnologia da mesma forma que esta última assume perante a técnica. Opera-se então, em um nível superior de justificação, explicação e produção. A justificação de uma dada tecnologia ocorre muitas vezes em determinada instituição através do simples reenvio para outra instituição, esta por sua vez, possuidora de tal justificativa. No âmbito do ensino de física isto ocorre quando o professor remete determinado conhecimento a outra área do saber como a matemática, biologia, química, etc.

Um exemplo claro deste reenvio ocorre quando o professor de física apresenta a função horária do espaço de um móvel em movimento retilíneo uniformemente variado. Esta função horária nada mais é que uma equação de segundo grau. Quando o professor resolve esta equação, determinando o(s) instante(s) em que o móvel ocupa certa posição, por exemplo, ele está simplesmente encontrando as raízes desta equação. O professor não precisa explicitar porque a fórmula de

Bhaskara pode ser usada neste caso. Esta teoria compõe o saber de outra instituição, a matemática.

Seguindo a linha de raciocínio pode se imaginar que exista uma teoria da teoria e assim por diante, seguindo até o infinito. Chevallard (1999) afirma, no entanto, que os três níveis apresentados (técnica/tecnologia/teoria) são geralmente suficientes para dar conta das atividades que se deseja analisar.

Em síntese, Chevallard (2006) afirma que a análise da atividade humana levou a identificação de entidades mínimas, denominadas pelo autor de praxeologias, que podem ser representadas pelo conjunto $[T/\tau/\theta/\Theta]$ uma vez que são formadas por um tipo de tarefa T, uma técnica τ para realizar as tarefas do tipo T, uma tecnologia θ que justifica e faz a técnica τ inteligível e uma teoria Θ que justifica e clarifica a tecnologia θ.

Para Chevallard (2007b) o termo praxeologia foi escolhido para designar a união de um bloco técnico-prático $\Pi = [T/\tau]$, a *práxis,* e um bloco tecnológico-teórico $\Lambda = [\theta/\Theta]$, o *logos.* O autor ressalta a importância de não confundir o termo praxeologia com o estudo *(logia)* da prática humana *(Praxeo)*.

Na nossa análise dos exercícios e problemas constantes nos livros didáticos de física, nós iremos utilizar exclusivamente o bloco técnico-prático $[T/\tau]$, o saber-fazer. A análise das técnicas utilizadas e propostas para resolver as tarefas permite que identifiquemos quais as habilidades que estão sendo estimuladas através da resolução destes exercícios e problemas.

Estas praxeologias, no âmbito de uma instituição, não são estáticas. Segundo Chevallard (1999), elas envelhecem e acabam sendo substituídas por outras. Suas componentes teóricas e tecnológicas acabam perdendo o crédito à medida que novas tecnologias surgem. Estas por sua vez acabam colocando sob suspeita técnicas já estabelecidas.

É bastante comum o surgimento de novas praxeologias em uma instituição. Geralmente, segundo o autor, parte dos atores desta instituição julgam elas necessárias para melhorar o funcionamento da instituição. Estas novas praxeologias não necessitam ser produzidas ou reproduzidas se já existem no âmbito de outra instituição. Caso se opte por importá-las de outra instituição, o autor afirma que não se poderá reproduzi-las de forma idêntica a instituição doadora em função de condições impostas pela instituição receptora. Surgirá a necessidade de promover certas modificações adaptativas, uma transposição de

praxeologias entre instituições. Estas transposições enriquecem o mundo das praxeologias disponíveis uma vez que ocorre a criação de praxeologias adaptadas a condições institucionais inéditas.

A necessidade de uma praxeologia surge quando um sujeito se depara com um problema a resolver. Em várias situações do cotidiano encontramos facilmente a resposta de questionamentos bastante simples como, por exemplo, que horas são? Para este tipo de questionamento uma simples consulta a um relógio resolve a questão. Outros questionamentos não são resolvidos de maneira tão simples. Quando um professor de física pergunta a seu aluno qual o peso de um determinado corpo, é muito provável que este não detenha esta informação. Surge então a necessidade de um praxeologia que permita determinar o peso daquele corpo. O problema se agrava quando o aluno não conhece nenhuma técnica para calcular o peso de um corpo. Neste momento, o problema que consistia em determinar o peso de um corpo muda para como determinar o peso de um corpo.

Para Chevallard (ibid.) passa-se da necessidade de realizar uma tarefa t para a necessidade de elaborar uma técnica τ, mais precisamente, toda uma praxeologia relativa às tarefas do tipo T. A resposta desta questão deixa de ser uma simples informação e passa a ser toda uma organização praxeológica por construir.

No exemplo citado anteriormente, o aluno pode simplesmente se negar a responder frente à dificuldade de organizar uma praxeologia ou pode se dedicar a estudar a questão proposta. Para Chevallard (1999, 2010), um indivíduo x ou um coletivo X que se põe a estudar a questão proposta denominada genericamente de $\tau_{T,}$ onde T é um tipo de tarefa eventualmente reduzido a uma tarefa específica t, constitui o que ele denomina de sistema didático, representado por $\sum = S(X; \tau_T)$. Eventualmente o coletivo X pode ser reduzido a um indivíduo x. Se este indivíduo ou coletivo é ajudado em seu estudo por um professor y, por exemplo, ou por um coletivo Y, o sistema didático passa a ser representado por $\sum = S(X;Y;\tau_T)$. Em todos os casos, "[...] entra-se na dimensão específica da realidade social: a dimensão do estudo e da didática, no sentido forte destes termos" (CHEVALLARD, 1999, p. 237, tradução nossa).

A formação de um sistema didático no âmbito de uma instituição, segundo o autor, interrompe o fluxo normal da atividade institucional ordinária. Esta atividade de estudo pode surgir como uma fonte permanente de confusão na vida da instituição podendo alterar a qualquer momento o curso das atividades normais da instituição.

Como consequência desta confusão na vida da instituição, o autor aponta que os sujeitos da instituição podem rejeitar a problemática e consequentemente a didática que esta problemática poderia engendrar. Além disso, os sujeitos também podem negar a didática da situação envolvida. As situações cotidianas dentro de uma instituição são impregnadas de interações didáticas que passam despercebidas no fluxo das atividades ordinárias. Nenhuma situação no âmbito da instituição é intrinsecamente didática ou adidática[4]. Dessa forma, negando o potencial didático de uma situação, eliminam-se algumas vias de aprendizagem possível para os sujeitos desta instituição.

Para Chevallard (ibid.), toda instituição pode criar sua própria escola, entendida aqui como um espaço de estudo de questões propostas para a vida da instituição. Dessa forma, qualquer que seja o *habitat* institucional oferecido, surgirão algumas obrigações que vão definir e impor algumas praxeologias didáticas e proibir outras. Algumas destas práticas negadas continuarão viáveis e vivas e nem sempre serão assumidas como tal. Assim sendo, para o autor, cada instituição define sua noção de estudo que de forma alguma será universal e absoluta.

Para o autor, estudar determinada questão que envolva um tipo de tarefa no âmbito da escola é diferente de estudar uma questão no mundo sábio[5]. Neste consiste em elaborar uma organização praxeológica $O = [T / \tau / \theta / \Theta]$ inédita. Já na escola, estudar uma questão é quase sempre recriar uma resposta já produzida em outra instituição. Em síntese, estudar na escola representa para o autor estudar uma resposta que seja válida; estudar uma obra existente em outra instituição e transportá-la para a instituição que sirva de *habitat* de estudo.

Conforme Chevallard (2010, p.1, tradução nossa), a TAD define a didática como "[...] a ciência das condições e restrições da difusão social do conhecimento". No entanto, o autor não utiliza o termo conhecimento mas sim o termo praxeologia. Logo, a didática para o autor é a ciência das condições e restrições da difusão social das praxeologias e o estudo científico da difusão social de tais saberes é designado como sistema de conhecimento didático. Para Chevallard (2011, p.1, tradução nossa) "[...] o motor da difusão praxeológica é o

[4] Fazemos referência a Teoria das Situações Didáticas de Guy Brousseau disponível em BROUSSEAU, G. Fondaments et méthodes de la didactique des Mathématiques. Recherches en Didactique de Mathématiques, v. 7, n. 2, p. 33 – 115, 1986.

[5] Para Chevallard o mundo sábio corresponde à esfera da pesquisa científica (nota do autor).

didático. Daí uma definição mais sucinta: a didática e a ciência do didático, de suas condições e restrições".

Para ele, o didático pressupõe a existência de sistemas de ensino S(X;Y;O) onde O e a obra a ser estudada, X é o estudante e Y é o professor. Aquilo que os estudantes poderiam fazer e farão para estudar a obra e aquilo que o professor poderia fazer para ajudar o estudante a estudar a obra são gestos didáticos que compõe o didático.

Chevallard (2010) enfatiza as condições e restrições da difusão do conhecimento em função dos sujeitos envolvidos neste processo. Um professor em determinado modelo de instituição, por exemplo, está submetido a algumas condições em função da posição que ocupa na instituição. Se o professor não pode mudar suas condições dentro de certos limites dizemos que isto é uma restrição. Muitas vezes o professor não tem o poder de mudar o conteúdo que deverá ensinar, mas poderá mudar a forma de abordar este conteúdo. Um objeto de estudo determinado para certa classe é uma restrição para o estudante. O estudante não tem o poder de mudar o objeto de estudo definido pelo professor ou pela instituição. Para o professor, o objeto de estudo é uma condição uma vez que ele pode promover mudanças na abordagem dentro de uma restrição do programa.

Segundo Chevallard (2007b), para que haja ensino deve existir em algum lugar uma intenção didática. O portador desta intenção, pessoa ou instituição, visa modificar as condições e restrições para cumprir sua intenção. No entanto não devemos nos limitar a considerar apenas as condições e restrições por trás da intenção didática. Existem restrições e condições que não foram criadas pelo professor e que não atendem a qualquer intenção didática claramente identificável.

Para Chevallard (2007a, 2010) as condições e restrições que determinam o processo de difusão das praxeologias são exploradas e identificadas utilizando uma escala com diferentes níveis de codeterminação didática.

O primeiro nível explorado pelo autor é a civilização. Um exemplo que envolve o nível de civilização, segundo Chevallard (ibid.) é uma linguagem comum. Ela cria condições e restrições para aqueles que dominam determinada linguagem. Já o próximo nível corresponde a sociedade. A sociedade, por exemplo, define as categorias de escolas de seus membros, determina quais obras serão estudadas e quais não. São criadas determinadas condições para difundir o conhecimento de algumas obras que serão amplamente denominadas de didáticas.

Já a pedagogia na TAD, segundo o autor, envolve as condições e restrições que determinam o progresso dos alunos na implementação dos estudos. Neste caso a abordagem tradicional é agrupar os estudantes por classes e por disciplinas que serão estudadas.

Segundo Chevallard (2007a), os alunos estão tradicionalmente limitados a assuntos, os professores a temas, os setores e áreas ficam para os desenvolvedores do programa e os didatas se limitam no máximo à disciplina. A TAD aborda necessariamente questões em níveis mais elevados como pedagogia e escola além de sociedade e civilização.

2.5. A BUSCA DE UM REFERENCIAL DE ANÁLISE E O PROJETO HARVARD

Antes de proceder à análise de como a cinemática é abordada no ensino médio para investigar as habilidades que são estimuladas no estudante e verificar se elas estão alinhadas segundo a concepção de ensino de física discutido anteriormente, houve a necessidade de buscar um referencial de análise que, em nosso julgamento, promovesse efetivamente estas habilidades.

Segundo De Souza Cruz (2014), uma instituição de ensino tem como objetivo ensinar certo saber. Na realização desta tarefa, o saber é transformado, sofrendo a transposição didática (CHEVALLARD, 1991), que se materializa nas produções textuais, nas atividades e nas tarefas propostas aos professores e pelos professores aos alunos. Cada texto produzido faz escolhas dos aspectos teóricos e das técnicas que devem ser utilizadas para abordar determinadas questões. Isto significa que os textos didáticos são frutos de uma praxeologia institucional além de definirem uma praxeologia implícita para os alunos. Para De Souza Cruz (op. cit.), a instituição de ensino desenvolve sua tarefa com base em uma concepção teórica sobre o que é o saber relevante e sobre o que é o aluno. Esta concepção teórica embasa suas justificativas para a escolha de técnicas que formatam o saber num saber didatizado. Este último é expresso tanto através de textos descritivos e explicativos como do ensinamento de técnicas que instrumentalizam o aluno para a resolução das tarefas didáticas.

Para o autor, a TAD permite analisar, em cada livro, a proposta de transposição institucional. Metodologicamente, pretendemos analisar as escolhas institucionais e não julgá-las, ou seja, intencionamos, através da análise da praxeológica didática escolhida,

clarificar qual é o saber institucional a ser ensinado definido nos livros texto.

Para De Souza Cruz (ibid.), é importante que um investigador tenha em mente as dimensões histórica, epistemológica e as relações com outras instituições para que se possa avaliar a transposição didática extraída das análises das praxeologias propostas nos livros texto. Dessa forma, para o autor, podemos vislumbrar esta análise em dois momentos distintos.

O primeiro momento é a análise da praxeologia didática proposta pelo livro texto propriamente dita, onde intencionamos extrair com a maior fidedignidade possível, o saber a ser ensinado proposto pela instituição. Neste momento procedemos à análise das tarefas e atividades propostas aos alunos, acompanhada da análise do texto teórico e dos exemplares abordados no corpo da obra analisada. A análise destas tarefas e de suas técnicas permite clarificar o que a instituição define como o saber a ser ensinado.

O segundo momento, para o autor, consta da análise da abrangência das escolhas institucionais, uma vez que o saber a ser ensinado se relaciona com outras dimensões. Uma teoria física, por exemplo, pode ser exposta de maneira bastante sintética e lógica sem que sejam mencionadas as dimensões históricas, epistemológicas ou aspectos singulares da natureza e da sociedade. Para determinar a influência e a presença destas outras dimensões, faz-se necessário o estabelecimento de referenciais didáticos de análise.

Segundo De Souza Cruz (ibid.), estes referenciais de análise podem ter sido abordados em sua íntegra ou não em outras obras didáticas. É importante que estas obras que componham o referencial de análise, exibam as dimensões e os aspectos relevantes determinados pelo pesquisador. O autor enfatiza que estas obras não precisam ser consideradas como ideal de transposição didática, mas sim uma aproximação que permite estabelecer um referencial para a análise.

No caso específico da cinemática, De Souza Cruz (ibid.) afirma que o estudo do movimento foi um marco revolucionário ao inserir a matematização do mundo. Explicar a mecânica dos corpos e a razão dos seus movimentos, a partir das trajetórias, necessitou de toda uma linguagem nova. Necessitou da criação de uma nova teoria matemática e de uma concepção de que a matemática é um instrumento para explicar cientificamente o mundo físico.

Em nosso entendimento, o estudo da cinemática deve contemplar estas dimensões que permitam compreender a evolução da

ciência e do pensamento científico bem como a construção de uma nova maneira de compreender o mundo.

Neste contexto, um aspecto importante a considerar no estudo da cinemática é a ruptura com o pensamento aristotélico, o que confere à cinemática um caráter revolucionário. Para os aristotélicos, as causas dos movimentos são intrínsecas ao objeto em movimento. Não se cogitava inferir estas causas pelo simples estudo do movimento.

Outro aspecto envolve a transformação da descrição discursiva por uma descrição mais apurada dos movimentos dos corpos com os trabalhos de Galileu, Copérnico e Newton. Além disso, a criação e a utilização de uma linguagem algébrica se sobrepondo a linguagem geométrica comumente utilizada pelos gregos antigos também constitui um ponto importante no estudo da cinemática.

A existência de leis da natureza é outro aspecto a considerar. Ao descrever determinados movimentos dos corpos, suas trajetórias podem ser representadas por determinadas figuras. Estas figuras tem uma estrutura matemática intrínseca, ou seja, apresentam uma racionalidade. Com base nisto podemos perceber que a natureza apresenta uma racionalidade intrínseca.

A possibilidade de desvendar as leis através da descrição matemática do movimento também constitui outro aspecto importante. O estudo da cinemática fundamenta a dinâmica a partir desta descrição.

Em suma, o estudo da cinemática deve abordar a construção dessa nova forma de pensar o mundo, uma nova forma de resolver cientificamente os problemas do mundo. Nesta nova forma, a medida e a experiência andam lado a lado com a matemática.

Estes pressupostos estão ligados diretamente a natureza da ciência, a história da ciência e a uma visão científica do mundo. Entendemos que estes são fundamentais para instrumentalizar o professor e o aluno não apenas para o estudo da física, mas sim, para cumprir várias competências e habilidades propostas nos documentos oficiais tais como PCN, PCN+ e orientações curriculares.

A busca de um referencial de análise que abordasse em seu texto as dimensões que consideramos importantes para um tratamento adequado da cinemática no ensino médio nos levou a pesquisar alguns materiais. Dentre os materiais analisados, aquele que mais se aproximou desta proposta foi o *The Project Physics Course* de F. James Rutherford, Gerald Holton e Fletcher G. Watson, mais comumente conhecido no Brasil pela denominação projeto Harvard. O conjunto desta obra não é comumente encontrado nas bibliotecas brasileiras.

Contudo, pode ser obtida virtualmente e sem custo algum através do sítio https://archive.org/details/projectphysicscollection.

A escolha deste material como saber de referência significa apenas que, em nossa analise, o projeto Harvard apresentou uma boa aproximação para as nossas hipóteses. O livro texto deste projeto manifesta vários aspectos que estão contidos em nossa análise, desejáveis para o ensino de cinemática. A presença deste texto não indica uma opção de tratamento didático, mas sim, de servir de base para a análise de livros e propostas didáticas. Dessa forma, o texto do projeto Harvard apresenta uma importância metodológica para nossa pesquisa por englobar vários aspectos que defendemos como importantes para o ensino de cinemática, como já tratado anteriormente.

No processo de análise, utilizaremos metodologias que irão levantar dados sobre as propostas didáticas manifestadas nos livros didáticos de ensino médio. As categorias de análise serão construídas com base em um modelo idealizado (e não ideal) que no nosso caso é o referencial de análise adotado.

O projeto Harvard foi desenvolvido nos anos 60, nos EUA, com três objetivos principais: desenvolver um curso de física voltado para uma dimensão mais filosófica e humanística; atrair mais estudantes para o estudo da física e saber mais sobre os fatores que influenciam o aprendizado das ciências. O projeto levou mais de quatro anos para ser concluído e contou com a participação de colaboradores espalhados por toda a nação americana (HOLTON, RUTHERFORD, WATSON, 1981).

Na prática, o desafio colocado para os colaboradores do projeto Harvard era desenvolver um curso que fosse útil e interessante para estudantes com os mais variados níveis de conhecimento e distintos planos de carreira. Para que isso fosse possível, o curso deveria:

- auxiliar os alunos a aumentar seu conhecimento acerca do mundo físico concentrando-se em conceitos que caracterizam a física como uma ciência e não como partes isoladas de informação;
- auxiliar os alunos a ver a física como uma atividade humana multifacetada como realmente ela é. Para isso os assuntos deveriam ser apresentados em uma perspectiva histórica e cultural, mostrando que os conceitos na física tem uma tradição assim como sofrem adaptações evolutivas e mudanças;

- aumentar as oportunidades para que os estudantes tenham experiências imediatamente gratificantes na ciência enquanto adquirem conhecimentos e habilidades que serão uteis ao longo da jornada;
- tornar possível ao professor adaptar o curso para a ampla gama de interesses e habilidades dos estudantes;
- levar em conta a importância do professor no processo educacional e o vasto espectro de situações de ensino que prevalecem (HOLTON, RUTHERFORD, WATSON, 1981).

Com isso, os autores esperavam atrair um número maior de estudantes que optassem por escolher a física como atividade profissional. Este projeto tornou-se disponível comercialmente em 1970 com o título *Introduction to Physics Project.*

Segundo Pena (2012), este projeto apresentava uma forte componente humanística. Nele foram desenvolvidos uma série de textos e recursos audiovisuais através dos quais se buscava atrair alunos das áreas humanas para as científicas, mostrando a ciência como uma capacidade humana e o conhecimento científico historicamente acumulado como uma herança cultural que todo o indivíduo tem direito.

Segundo Matthews (1995), a construção do projeto Harvard contou com a participação de historiadores, filósofos da ciência, químicos, biólogos, físicos e professores entre outros, um fato bastante incomum nas reformas curriculares da década de 60 nos EUA.

No auge de seu sucesso, o projeto Harvard, segundo Freire Junior e Oliveira (2006), atingiu entre 20 e 25% dos estudantes americanos, atraindo inclusive mulheres para os cursos de ciências e demais estudantes que muitas vezes optavam por cursos na área das humanidades.

Segundo Pena (op.cit.), o projeto Harvard teve sucesso em vários pontos. Ele evitou a evasão dos estudantes para outras áreas; desenvolveu a habilidade do raciocínio crítico nos estudantes e; elevou a média de acertos alcançada nas avaliações. Este sucesso forneceu evidências para aqueles que defendem, inclusive nos dias atuais, a inserção da história, filosofia e sociologia na ciência.

No entanto, segundo Freire Junior e Oliveira (op.cit.), o programa só funcionou bem enquanto o governo americano investia no

treinamento dos professores nesta nova abordagem da física. Em média, eram treinados 200 mil professores durante as férias de verão. Passados alguns anos, o governo do presidente Nixon cancelou todo o treinamento, tornando impossível a continuação deste projeto em grande escala.

É importante ressaltar novamente que não intencionamos defender a aplicação do projeto Harvard como uma proposta de ensino de física. Não é objetivo desta pesquisa apresentar uma metodologia de ensino ou defender a aplicação de determinado projeto em detrimento de outro. Nosso objetivo é analisar a cinemática no ensino médio como ela efetivamente é abordada e não como poderia ou deveria. A escolha do livro texto do projeto Harvard como referencial de análise para a realização desta pesquisa, ocorreu em função da afinidade da proposta deste projeto com as habilidades que desejamos desenvolver no aluno de física ao longo do ensino médio. Na sequência explicitaremos as razões desta escolha com mais propriedade.

Um ponto digno de destaque leva em consideração a grande variedade de praxeologias presentes no livro texto do projeto Harvard. Nas propostas didáticas, as escolhas de determinadas técnicas terminam por definir aquilo que o autor deseja ensinar. Por exemplo, ensinar para um aluno que a velocidade instantânea é obtida através do limite de uma função quando o intervalo de tempo tende à zero é diferente de obter a inclinação da reta tangente ao ponto desejado em um gráfico que mostra como o espaço varia com o tempo. São duas técnicas distintas que permitem compreender e determinar a mesma grandeza física. A opção por uma técnica ou por outra demonstra uma intencionalidade do autor ou do professor.

A estruturação do texto do projeto Harvard manifesta a exposição de algumas técnicas e tecnologias distintas da maioria dos textos presentes nos livros didáticos de física usuais adotados no ensino médio. Estas praxeologias distintas pressupõe uma abordagem diferente da usualmente praticada que, em nosso entendimento, são mais consistentes com alguns objetivos didáticos apregoados nos discursos de habilidades que desejamos desenvolver no estudante de ensino médio. Este contraste apresentado acaba clarificando e justificando a adoção deste material como um texto de referência para a análise dos livros didáticos brasileiros.

Outra razão reside no fato de que este material foi pensado para um público que ainda não ingressou no ensino superior. Dessa forma, o texto foi escrito, pensado e aprofundado para um aluno que

domina uma linguagem e alguns conhecimentos já abordados em fases anteriores de sua escolarização.

Outro motivo é que a composição do público alvo para o qual o projeto Harvard foi construído nos anos 60 e 70 nos EUA era um público bastante eclético, composto por alunos que apresentavam os mais variados níveis de conhecimento e as mais variadas aspirações profissionais. Em grande parte das escolas de ensino médio de nosso país, onde as salas de aula podem comportar até 40 alunos em determinadas localidades, nem todos desejam ser futuros físicos ou engenheiros. Podemos encontrar os mais variados anseios profissionais, configurando um público eclético quanto à escolha da futura profissão.

Uma diferença fundamental para o público americano da década de 60 e 70 é que eles podiam escolher qual curso desejariam frequentar antes de ingressar no ensino superior. Eles podiam optar por escolher as ciências, as humanidades ou outra área qualquer. Nosso aluno não tem esta opção no momento. A física ainda é uma das disciplinas obrigatórias do currículo do ensino médio de qualquer escola brasileira, goste o aluno ou não.

Em função disso, percebe-se a razão da ênfase dada por Holton, Rutherford e Watson (1981) no desenvolvimento de um curso útil e interessante para o estudante no projeto Harvard. Diferente da realidade brasileira, o curso de física por eles desenvolvido precisava atrair o aluno que eventualmente optaria por outra área do conhecimento. No nosso caso, é desejável despertar o interesse do aluno de ensino médio para a área das tecnologias para que ele possa no futuro alavancar o desenvolvimento tecnológico de nosso país, tal qual se desejava nos EUA nas décadas de 60 e 70 em função da corrida espacial.

Analisando mais especificamente a forma como a cinemática é abordada no livro texto do projeto Harvard, percebeu-se alguns pontos que merecem destaque e que servem para ratificar a escolha do deste material como referencial do saber para esta pesquisa.

Um primeiro ponto que podemos abordar envolve a maneira como a representação gráfica é apresentada e utilizada para o estudo do movimento. Grande parte dos livros didáticos brasileiros de física explora a interpretação de gráficos do movimento para movimentos retilíneos e uniformes e para movimentos retilíneos uniformemente variados. Geralmente são explorados três tipos de gráfico: aceleração *x* tempo, velocidade *x* tempo e posição *x* tempo. Neste estudo são abordados rapidamente o significado físico da inclinação da reta

tangente a um ponto da curva bem como a identificação de algumas variáveis do movimento, situações onde o móvel inverte o sentido do movimento entre outras coisas.

No entanto, uma pergunta deveria anteceder este estudo: por que representar a variação de uma grandeza física ao longo do tempo, ou outra grandeza, através de um gráfico? O que a análise de um gráfico pode nos mostrar? Por que não utilizamos apenas uma tabela, ou a própria expressão matemática do movimento para entender este movimento?

Representar dados oriundos da experimentação ou da observação da natureza através da construção de um gráfico que correlaciona duas variáveis, permite visualizar uma tendência no comportamento de determinada grandeza. Esta tendência não necessariamente se confirmará em todos os casos mas permitirá ao aluno estimar um comportamento futuro esperado desde que as condições dadas inicialmente não sofram qualquer alteração.

Além disso, de posse de determinada curva construída com os dados observados, e com o conhecimento do formato do gráfico das funções mais conhecidas da matemática, o aluno poderá estabelecer a relação de proporção entre as grandezas físicas presentes. Por exemplo, se um aluno obtiver experimentalmente um gráfico onde estão presentes dados de velocidade e tempo, sendo que a velocidade se encontra representada no eixo das ordenadas e o tempo no eixo das abscissas, e perceber que este gráfico se aproxima muito de uma parábola, poderá inferir que a velocidade do movimento em questão é proporcional ao quadrado do tempo, mesmo que este modelo de movimento não faça parte do escopo do ensino médio e muito menos esteja presente em qualquer livro didático. Neste exemplo, a representação gráfica do movimento traz algumas vantagens que outras formas de representação não teriam. Os dados agrupados em uma tabela, neste caso, demandariam um grau de abstração muito grande para que o aluno chegasse à mesma conclusão.

A utilização de gráficos para o estudo dos movimentos é uma ferramenta potencialmente útil para compreender determinadas grandezas como a velocidade e aceleração instantâneas. Nos livros de física voltados para o ensino superior, a velocidade instantânea, por exemplo, é apresentada utilizando a definição de limite de uma função quando o intervalo de tempo tende a zero. Alguns poucos livros didáticos voltados para o ensino médio ainda o fazem da mesma forma. Informam, por exemplo, que a velocidade instantânea é o valor limite a

que tende a velocidade escalar média quando o intervalo de tempo tende a zero. De que adianta esta informação para um aluno que recentemente ingressou no ensino médio? Qual é a finalidade de mostrar uma relação matemática desconhecida de uma grandeza física importante para o estudo do movimento que não será desenvolvida ou explorada, senão criar um empecilho desnecessário para a compreensão desta grandeza? Existem outras maneiras de contornar este problema.

No projeto Harvard a representação gráfica das grandezas físicas se dá em um contexto diferente. Os autores não criam um capítulo especialmente para o estudo dos gráficos do movimento e muito menos apresentam estes gráficos numa sequência didática que sucede o estudo do movimento uniforme ou do movimento uniformemente variado, algo ainda comum nos livros didáticos brasileiros. A representação gráfica de uma determinada grandeza física variando com o tempo é mostrada para o aluno a partir de um determinado ponto em que a representação pura e simples destes dados através de uma tabela não dá mais conta de destacar determinadas características do movimento. Isto significa que a representação gráfica surge como uma alternativa de representar a relação entre duas grandezas físicas com determinadas vantagens sobre a representação numérica de valores em tabelas. Os gráficos do movimento são introduzidos pelos autores no texto quando estes se fazem necessários para avançar no estudo do movimento e não simplesmente porque são uma forma alternativa de representar a relação entre duas grandezas físicas.

Neste ponto podemos perceber claramente a opção por certas técnicas realizadas pelos autores do projeto Harvard. Estas escolhas levam a determinadas praxeologias que permitem ao aluno compreender a utilização e a importância da representação gráfica em um contexto bastante diferente daquele tradicionalmente apresentado nos livros didáticos brasileiros. A opção dos autores por técnicas diferentes pode ser justificada com base naquilo que se deseja ensinar ao aluno.

A noção de velocidade e aceleração instantânea também são abordadas no projeto Harvard com o emprego dos gráficos sem a necessidade do formalismo matemático exigido pela definição de limite de uma função. Os autores instrumentalizam o aluno a compreender a noção de limite ao tomar pontos cada vez mais próximos do ponto que se deseja conhecer a grandeza no dado instante em um determinado gráfico. Dessa forma, além do estudo da cinemática não ser penalizado

pela falta de conhecimento específico e matemático do aluno, ainda possibilita ao aluno compreender uma ferramenta matemática nova, costumeiramente abordada em disciplinas da área exata nos cursos superiores.

Outro ponto de destaque é a abordagem dada pelos autores na história e evolução da ciência, pontos fortes no projeto Harvard que objetivava contemplar uma visão mais humanista e filosófica da física.

A cinemática estuda o movimento. Compreender e prever o movimento dos astros possibilitou ao homem, nos primórdios de sua existência, abandonar a atividade de coletor de frutos e passar a fixar raízes em um local específico em função do surgimento da agricultura. Compreender o movimento aparente do Sol em torno da Terra e a passagem das estações do ano permitiu ao homem identificar a melhor época para o plantio e para a colheita.

Desde os antigos gregos, com a teoria do lugar natural de Aristóteles, por exemplo, o homem tenta compreender e prever os movimentos celestes e terrestres. Surgem várias explicações que invocam desde a presença de deuses e outras razões metafísicas até os experimentos realizados por Galileu Galilei em planos inclinados.

Em parte dos livros didáticos de física voltados para o ensino médio, este aspecto histórico da evolução da ciência do estudo do movimento é negligenciado. Estes autores utilizam muitas vezes um pequeno texto para descrever a teoria do lugar natural de Aristóteles e sua distinção entre os movimentos naturais e violentos enquanto que na página seguinte já passam a abordar o movimento retilíneo e uniforme.

Para um leitor leigo, como a grande maioria de nossos alunos ingressantes no ensino médio, a leitura destes poucos parágrafos abordando a teoria do lugar natural de Aristóteles, por exemplo, não o leva a compreender a evolução da ciência ao longo da história da humanidade. Pelo contrário, reforça o aspecto de que a ciência progride enterrando concepções ridículas e ultrapassadas idealizadas pelos sábios de tempos passados. Não fica evidente que algumas teorias que descreviam o movimento em tempos passados eram perfeitamente coerentes e razoáveis para o conhecimento daquela época. Muitas delas até tinham o aval do senso comum como a teoria geocêntrica que previa uma Terra imóvel no centro do universo com todos os demais astros girando em torno dela.

A ausência de uma abordagem histórica adequada da evolução do estudo dos movimentos nos livros de física do ensino médio pode deixar implícito para o aluno que isto não é importante para

sua formação. O fato de a ciência progredir com o trabalho de vários pesquisadores implementando, aprimorando e modificando modelos desenvolvidos pelos seus antecessores até a obtenção de modelos válidos nos dias atuais parece não importar. Fica implícito que o que importa é o conhecimento do modelo atual e não como se chegou a ele. Além disso, pelo foco que os autores dão ao estudo dos modelos de movimento, fica evidente a importância atribuída na cinemática à capacidade do aluno de manusear estes modelos e saber aplicá-los na resolução de situações-problema.

Além de uma abordagem histórica muito restrita e às vezes ausente no estudo da cinemática presente nos livros didáticos de física do ensino médio mais tradicionais, podemos ressaltar também a restrição e as vezes até a ausência de uma abordagem na evolução da compreensão de determinados fenômenos físicos e conceitos. Por exemplo, ao abordar o movimento de queda livre dos corpos na cinemática, tradicionalmente os autores de livros didáticos iniciam a explicação do movimento afirmando que os corpos próximos à superfície da Terra caem em sua direção em função da atração exercida pelo planeta sobre os corpos. Esta abordagem traz algumas implicações para o aluno. Se a Terra atrai os corpos em sua direção isto ocorre porque ela exerce uma força de atração sobre estes corpos. Como os autores estão abordando a cinemática, a noção do que é uma força não é usualmente contemplada nesta etapa dos estudos, mas sim, posteriormente quando se estuda a dinâmica dos movimentos com a apresentação das leis de Newton. Neste caso específico, pode-se entender que o aluno precisa compreender que os corpos caem em função de um agente físico que só será explorado e estudado mais adiante.

A falta de um estudo histórico adequado sobre a queda dos corpos nos livros didáticos, por exemplo, pode induzir o aluno a acreditar que este movimento sempre foi explicado desta forma uma vez que é razoável inferir que a Terra sempre atraiu os corpos próximos dela em sua direção da mesma forma que é razoável inferir que os corpos mais pesados são atraídos com uma força maior, logo, executam um movimento de queda livre diferente dos corpos mais leves.

Compreender como este tipo de movimento foi explicado e estudado historicamente, poderia auxiliar o aluno a não cometer equívocos como o descrito anteriormente, mostrando a complexidade inerente à compreensão de certos tipos de movimento. A queda dos corpos de massas diferentes foi abordada nos trabalhos de Galileu com

planos inclinados. Tradicionalmente os autores dos livros didáticos mencionam Galileu apenas quando abordam a teoria heliocêntrica como sendo o personagem da história que foi condenado pela igreja católica ao defender uma organização do sistema solar contrária a desenvolvida por Aristóteles e Ptolomeu.

Como um dos focos principais do projeto Harvard era fornecer uma visão humanística e filosófica da ciência, o texto é repleto de passagens históricas enquanto o estudo da cinemática vai se desenrolando. Os autores optaram por um percurso didático unindo a história ao desenvolvimento dos conceitos aliada a uma escolha praxeológica que não fragmenta o conhecimento histórico do conceitual. O aluno pode perceber que determinadas descobertas e explicações para os movimentos ocorriam em certos contextos sociais e históricos de forma que tais explicações eram perfeitamente razoáveis, mesmo que distintas das teorias atuais para o movimento.

Certas escolhas praxeológicas adotadas tradicionalmente nos livros didáticos do ensino médio não contemplam esta relação. Geralmente tratam a discussão histórica fragmentada, ou seja, a parte da discussão conceitual esquecendo que a física é sua própria história.

O livro texto do projeto Harvard contribui para que o aluno compreenda que a ciência resulta de um trabalho de equipe, que as descobertas geralmente não acontecem como que por geração espontânea e sim, fruto do trabalho de vários cientistas e pesquisadores ao longo de vários anos de trabalho. Contribui também para mostrar que a visão do momento *eureka*, muitas vezes caricaturado nos livros didáticos, não é tão constante na ciência e nem tão comum como se possa imaginar. Em síntese, a abordagem da história da ciência no projeto Harvard mostra ao aluno o lado humano da produção científica, muitas vezes inexistente na abordagem tradicional dos livros didáticos de física do ensino médio.

Outro ponto positivo na abordagem da cinemática realizada no livro texto do projeto Harvard está na reduzida fragmentação do conteúdo. Da maneira como determinados livros didáticos brasileiros são tradicionalmente estruturados, cada capítulo aborda um único modelo de movimento com suas características, gráficos, exercícios resolvidos e exercícios para resolver. Esta fragmentação excessiva traz pontos positivos e negativos para o processo de aprendizagem do aluno.

Um dos pontos positivos presentes nesta fragmentação excessiva do estudo dos movimentos é que o aluno, enquanto estuda determinado capítulo, pode se concentrar totalmente naquele modelo

específico de movimento e suas características sem se preocupar com a presença de outros modelos. Desta forma, pode-se esperar que ao término do estudo de um determinado capítulo, o aluno tenha adquirido domínio sobre aquele determinado modelo de movimento.

Infelizmente na natureza, dada a complexidade inerente de alguns movimentos com raras exceções, não é possível que se faça sua descrição ou que se compreenda determinado movimento com o emprego de um único modelo daqueles abordados nos livros de ensino médio. Isto é um dos pontos negativos desta abordagam.

Podemos citar um exemplo bastante simples que consiste em analisar o movimento de um atleta numa prova de corrida de 100 m. Como a trajetória descrita pelo atleta é retilínea, podemos analisar este movimento como acontecendo em uma única dimensão, o que já simplifica bastante o seu estudo. A maioria dos movimentos que acontecem na natureza ocorre em duas e três dimensões.

No exemplo citado, ao iniciar a corrida, nos primeiros instantes da prova, o atleta realiza um movimento que pode ser aproximado a um movimento retilíneo uniformemente variado. À medida que o atleta se aproxima da sua velocidade máxima, a aceleração do movimento vai diminuindo até se tornar nula. Este segundo modelo de movimento, o movimento com aceleração variável, não é abordado nos livros de física do ensino médio. Nos instantes seguintes, ao atingir a velocidade máxima, o atleta consegue manter esta velocidade por alguns instantes, caracterizando um movimento retilíneo e uniforme. Ao cruzar a linha de chegada ou até alguns instantes antes disto ocorrer, o atleta reduz sua velocidade até parar e esta redução nem sempre acontece mantendo a aceleração constante, caracterizando novamente um movimento com aceleração variável.

Com este exemplo simples de movimento que pode ser executado tanto por um atleta profissional quanto por um aluno do ensino médio nas aulas de educação física, conseguimos detectar pelo menos quatro tipos de movimentos distintos que ocorrem numa mesma situação real num intervalo de tempo muito pequeno. O estudo deste movimento não é trivial, mas pode ser simplificado e idealizado para dois movimentos conhecidos para um aluno de ensino médio: o movimento retilíneo e uniforme e o movimento retilíneo uniformemente variado.

Da forma como os modelos são tradicionalmente abordados, individualmente, sem relação um com o outro, o aluno muitas vezes é induzido a abordar determinada situação tentando encaixar esta situação

em um único modelo, como se todos os movimentos reais pudessem ser abordados da mesma forma como o são no livro didático; ou o movimento é retilíneo e uniforme ou é retilíneo uniformemente variado. Os exercícios apresentados aos alunos, tanto nas avaliações como em sala de aula e nas tarefas de casa, acabam muitas vezes reforçando esta ideia.

Quando o movimento passa a acontecer em um plano, como é o caso do estudo dos movimentos dos projéteis no ensino médio, fica evidente a dificuldade do aluno de associar mais de um modelo para resolver uma situação dada. Mesmo podendo analisar o movimento dos projéteis como dois movimentos independentes, cada um deles acontecendo em um dos eixos do plano cartesiano, o grau de dificuldade apresentado pelo aluno é muito grande na tentativa de compreender o movimento. Não é trivial para o aluno a ideia de que dois movimentos possam ocorrer simultaneamente ao mesmo tempo que podem ser analisados individualmente.

Outro aspecto prejudicial da fragmentação dos conteúdos nos livros tradicionais de física do ensino médio envolve a separação entre a cinemática e a dinâmica no estudo dos movimentos. Estas duas áreas da mecânica são abordadas de forma isolada uma da outra pela grande maioria dos livros didáticos.

Tradicionalmente o estudo da cinemática é realizado de uma forma cronológica, mas não histórica. Galileu, Kepler e outros discutiram o movimento do ponto de vista cinemático, demonstrando a importância da descrição matemática e de como a partir dela era possível inferir uma ordem racional no mundo, diferente daquela proposta pelos gregos antigos. É decorrente destes estudos que, rompendo com os aristotélicos, que se descobre que a partir da descrição do movimento do corpo e da matematização da trajetória, se podia chegar a causa do movimento e que esta também deveria ter uma forma matemática.

A relação de igualdade que existe na segunda lei de Newton é na verdade uma relação de equivalência que revolucionou a forma de ver o mundo. Um percurso didático que não esclareça este ponto, onde a dinâmica é apresentada de forma separada da cinemática, sem mostrá-la como originária desta, parece, em nosso entendimento, reduzir a compreensão sobre a mecânica e sobre a natureza da mecânica e da ciência. Desta forma, fica mais uma vez perceptível as implicações das escolhas praxeológicas naquilo que se propõe ensinar e a necessidade da utilização metodológica de um texto de referência.

Ao estudar o movimento retilíneo e uniforme em grande parte das escolas tradicionais, um aluno do ensino médio que, por razões que não competem discutir nesta pesquisa, não estudou física no último ano do ensino fundamental, ainda não teve contato com a primeira lei de Newton e muito menos sabe o que significa inércia. Uma das dificuldades de visualizar no mundo real um movimento retilíneo e uniforme está no fato de que este só é possível quando existe uma força resultante nula agindo sobre o móvel. E para um corpo em movimento, uma força resultante nula agindo sobre ele não é algo comumente encontrado na natureza.

Quando se estuda o movimento retilíneo uniformemente variado, uma aceleração constante, como estudado nos livros didáticos, só é possível quando uma força resultante constante atua sobre um corpo de massa constante. Se estas condições não forem atingidas, não haverá este movimento usualmente estudado na cinemática do ensino médio.

Quando abordamos o movimento dos projéteis, a trajetória parabólica ou semiparabólica descrita pelo projétil, mesmo desprezando a resistência do meio, só é possível em função da atuação de uma força resultante não nula, que neste caso é a força de atração da Terra sobre o projétil.

No estudo do movimento circular, ignorar a dinâmica do movimento é ainda mais complicado. Mesmo no movimento circular uniforme, onde a velocidade do móvel é constante em módulo, se não houver a presença de uma aceleração centrípeta e consequentemente uma força resultante radial apontada para o centro da trajetória circular, este tipo de movimento não acontecerá. Se um aluno prender uma pequena pedra na extremidade de um barbante e começar a girar esta pedra em um plano paralelo ao plano do solo e em determinado instante do movimento o barbante partir, a trajetória descrita pela pedra só poderá ser compreendida com algumas noções de dinâmica do movimento. A pedra saindo pela tangente da trajetória circular é explicada pela primeira lei de Newton e o seu percurso descendente pela presença de uma força resultante não nula.

Estudar os modelos de movimento comuns no ensino médio sem a noção de força e de algumas leis do movimento torna provavelmente ainda mais difícil a compreensão do movimento estudado pelo aluno além de aumentar ainda mais a lacuna que existe entre o modelo simplificado e idealizado da natureza para o mundo exterior.

Esta fragmentação excessiva do conteúdo físico é bastante atenuada no projeto Harvard. Os autores não demonstram a preocupação de abordar, capítulo após capítulo, os modelos de movimentos mais usuais para um aluno de ensino médio. Eles iniciam o capítulo apresentando um exemplo de uma situação real, com medições da posição de um móvel em relação ao tempo e vão trabalhando com este exemplar analisando cada parte do movimento, identificando os intervalos onde a velocidade não variou, onde variou uniformemente e onde a variação não foi uniforme. Dessa forma os autores conseguem mostrar para o aluno que um simples movimento do cotidiano, como o de uma nadadora que faz uma prova de 100 m rasos na piscina, pode ser compreendido analisando partes do movimento que se aproximam dos modelos que a física disponibiliza para estudá-lo.

Também não se percebe uma divisão tão rígida entre a cinemática e a dinâmica neste livro texto. À medida que a noção de força se torna necessária para avançar no estudo do movimento, os autores a introduzem no texto. Se a noção de inércia se faz importante para entender a cinemática de certo movimento, eles não deixam de abordá-la. Como consequência, o aluno que acompanha o estudo de um determinado movimento, acaba tendo contato com todas as grandezas físicas e ferramentas necessárias para o seu estudo, facilitando sua compreensão.

Em grande parte dos livros didáticos de física utilizados no ensino médio, o autor começa apresentando e definindo uma grandeza física seguida de um exemplo de aplicação desta mesma grandeza. Apresenta outra grandeza física seguida de outro exemplo e assim sucessivamente. Ao final de cada capítulo apresenta alguns exercícios que envolvem grande parte das grandezas estudadas para que o aluno possa exercitar seus conhecimentos.

Estruturando o conteúdo dessa forma intenciona-se instrumentalizar o aluno a resolver qualquer situação problema que envolva o conhecimento destas grandezas. Agindo desta maneira estaríamos procedendo de forma semelhante a um instrutor de mecânica automotiva que apresenta a seu aprendiz todas as ferramentas existentes na oficina, mostra como manuseá-las, explica onde são utilizadas, de que forma deverão ser utilizadas, para quais veículos foram projetadas e ao final do processo apresenta um veículo com problema para que o aprendiz o conserte, uma vez que este já adquiriu o domínio e o conhecimento sobre as ferramentas. Da mesma forma como o aprendiz de mecânica provavelmente não terá êxito em consertar o veículo, o

aluno de física também não terá êxito ao lidar com uma situação problema.

Holton, Rutherford e Watson (1981) utilizaram outra maneira de lidar com as grandezas físicas de interesse no estudo do movimento no livro texto do projeto Harvard. Os autores iniciam os capítulos abordando um movimento do mundo real com todas as complexidades inerentes ao seu estudo. Em seguida introduzem algumas simplificações e idealizações e passam a explorar o problema em questão. À medida que vão explorando o problema, vão introduzindo e explicando as grandezas e os conceitos que são pertinentes àquela situação. Se o problema inicial for bem escolhido, é bem provável que se consiga abordar tudo o que se deseja esmiuçando um único exemplar. Até a construção de uma representação gráfica mostrando como algumas grandezas variam com o tempo e as propriedades do gráfico construído podem ser exploradas neste mesmo problema.

Entendemos que iniciar o estudo dos movimentos a partir de exemplares do mundo físico pode ser uma boa abordagem pela familiarização inicial do aluno com a situação proposta. As grandezas físicas e os conceitos vão sendo apresentados de uma forma mais espontânea e natural. É muito provável que à medida que o aluno for avançando na leitura do livro, vai ficando mais fácil entender a razão e a importância daquela grandeza, daquela definição, daquele conceito em especial naquele momento do texto. O livro didático de física ficaria menos parecido com um dicionário, com sua lista de verbetes, e passaria a ser mais próximo de um livro de literatura que aborda o estudo do movimento no mundo físico.

No projeto Harvard não existe um capítulo específico sobre vetores, operações com vetores ou sobre o estudo da cinemática vetorial. Alguns livros didáticos atuais e aprovados no Guia do Livro Didático – PNLD 2012, como o Física para o ensino médio de Fuke e Yamamoto (2010), por exemplo, ainda apresentam esta divisão.

Quando se inicia o estudo do movimento partindo de uma situação que se deseja explorar e não de grandezas físicas e conceitos que se deseja definir, a introdução de vetores e de operações com vetores se dará quando houver a necessidade destes para compreender ou prever o movimento em questão, tal qual ocorre no texto do projeto Harvard. Acreditamos que facilitaria o entendimento dos movimentos, o aluno perceber a necessidade de utilizar a notação de vetor para determinar certas grandezas quando ele se deparar com uma etapa do problema onde a resolução algébrica seria extremamente trabalhosa e

complexa ou até impossível com os conhecimentos matemáticos por ele apresentados até aquele momento. Neste momento, introduzir operações com vetores faria com que o aluno percebesse a importância dessa representação no estudo dos movimentos e de determinadas grandezas.

Da mesma forma, a presença de um capítulo específico sobre cinemática vetorial seria totalmente desnecessário. A grandeza física velocidade, por exemplo, é uma grandeza vetorial mesmo que abordada no movimento retilíneo e uniforme. A distinção entre velocidade escalar e velocidade vetorial fisicamente não existe. O que ocorre tradicionalmente no ensino médio é tratar a velocidade escalar como a grandeza rapidez *(speed)* e a velocidade vetorial como a grandeza velocidade *(velocity)* propriamente dita.

Abordar o estudo dos movimentos partindo de exemplares e não da definição de grandezas e conceitos, ajudaria a reduzir a fragmentação presente nos livros de cinemática do ensino médio. O aluno partiria da necessidade de compreender um fenômeno da natureza e as grandezas físicas relevantes iriam sendo inseridas conforme a sua necessidade para auxiliar neste estudo. Para tal, faz-se necessário o emprego de praxeologias distintas daquelas usualmente presentes na maioria dos livros didáticos de física adotados no ensino médio.

3. METODOLOGIA

Para que possamos responder a pergunta que gerou esta pesquisa, iremos analisar os exercícios e problemas dos livros didáticos de física, como já abordado anteriormente.

Nossa análise será realizada em livros que constam no Guia PNLD 2012. Estes livros foram analisados por uma equipe de pesquisadores renomados de diversas universidades brasileiras e atenderam aos requisitos mínimos para servir de material de apoio a professores e alunos no processo de ensino e de aprendizagem.

Entendemos com isso que, guardadas as características e concepções acerca do ensino e aprendizagem de física na educação básica que cada um dos autores apresenta, todos estão de certa forma comprometidos em desenvolver as competências e habilidades que se espera de um aluno de física, conforme os PCN, PCN+ e orientações curriculares para o ensino médio.

De todas as obras analisadas pelos docentes e pesquisadores, especialistas tanto na área da física como na área de ensino de física, as dez obras que foram aprovadas estão listadas no quadro 1.

Quadro 1 – Obras aprovadas no Guia PNLD 2012 - Física

Título	Autores	Editora
Compreendendo a Física	Alberto Gaspar	Atica
Conexões com a Física	Blaidi Sant´Anna, Glória Martini, Hugo Carneiro Reis, Walter Spinelli	Moderna
Curso de Física	Antônio Máximo Ribeiro da Luz, Beatriz Alvarenga Alvarez	Scipione
Física	Carlos Aparecido Kantor, Lilio Alonso Paoliello Junior, Luis Carlos de Menezes, Marcelo de Carvalho Bonetti, Osvaldo Canato Junior, Viviane Moraes Alves	Pueri Domus
Física	Gualter, Helou, Newton	Saraiva
Física – Ciência e Tecnologia	Carlos Magno A. Torres, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares	Moderna
Física aula por aula	Benigno Barreto Filho, Cláudio Xavier da Silva	FTD
Física e realidade	Aurélio Gonçalves Filho, Carlos Toscano	Scipione
Física em contextos	Alexander Pogibin, Maurício Pietrocola, Renata de Andrade, Talita Raquel Romero	FTD
Física para o ensino médio	Fuke, Kazuhito	Saraiva

Fonte: Guia PNLD 2012 – Física

O Guia PNLD 2012 foi disponibilizado na internet através do sítio do FNDE no início de 2011. As escolas tinham até o dia 31 de maio de 2011 para efetuar o cadastro na internet. A escola que não efetuasse o cadastro dentro do prazo estipulado ficaria sem receber os livros didáticos para o ano de 2012. O registro da escolha deveria ser feito pela escola entre os dias 23 de maio até 12 de junho de 2011. Todo este processo era realizado pela internet, através de formulário próprio disponibilizado no sítio do FNDE.

Como desejamos analisar os exercícios e problemas que envolvem a cinemática no ensino médio, esta tradicionalmente é abordada na primeira série. Na sequência apresentaremos o quadro 2 com as dez obras de física aprovadas no Guia PNLD 2012 contendo o total de livros adquiridos pelo governo federal.

Quadro 2 – Obras de física do 1º ano adquiridas pelo governo federal

Título	Autores	Quantidade	%
Física aula por aula	Benigno Barreto Filho, Cláudio Xavier da Silva	939.030	24,0
Conexões com a Física	Blaidi Sant´Anna, Glória Martini, Hugo Carneiro Reis, Walter Spinelli	489.322	12,5
Física – Ciência e Tecnologia	Carlos Magno A. Torres, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares	436.807	11,2
Física para o ensino médio	Fuke, Kazuhito	430.215	11,0
Física	Gualter, Helou, Newton	392.718	10,0
Curso de Física	Antônio Máximo Ribeiro da Luz, Beatriz Alvarenga Alvarez	373.474	9,6
Física em contextos	Alexander Pogibin, Maurício Pietrocola, Renata de Andrade, Talita Raquel Romero	287.642	7,4
Compreendendo a Física	Alberto Gaspar	263.184	6,7
Física	Carlos Aparecido Kantor, Lilio Alonso Paoliello Junior, Luis Carlos de Menezes, Marcelo de Carvalho Bonetti, Osvaldo Canato Junior, Viviane Moraes Alves	182.264	4,7
Física e realidade	Aurélio Gonçalves Filho, Carlos Toscano	114.774	2,9
	Total	3.909.430	100,0

Fonte: http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-dados-estatisticos Acesso em 12 jan. 2014.

Uma vez que nossa análise irá englobar todos os exercícios e problemas que envolvem a cinemática no 1º ano do ensino médio, a análise de todas as obras do Guia PNLD 2012 mostrou-se impraticável. Assim sendo, houve a necessidade de criar um critério para a escolha de algumas das obras.

Como os resultados apresentados no Quadro 2 foram disponibilizados pelo FNDE muito tempo depois de iniciada esta pesquisa, não pudemos utilizar como critério a análise dos livros mais adotados pelos professores do país. No entanto, acreditamos que esta análise seja muito interessante, com a possibilidade de trazer informações importantes para a construção do perfil do professor de física e das praxeologias mais comuns adotadas no ensino de física no âmbito do ensino médio. Deixamos esta sugestão para a execução de pesquisas futuras.

Nossa escolha então foi pautada nos trabalhos de Garcia e Leite (2012). Os autores fizeram uma análise qualitativa das questões de mecânica presentes nos livros didáticos de física aprovados no Guia PNLD 2012. Para fins de análise, eles dividiram a mecânica em oito áreas: cinemática, forças, energia, estática, hidrostática, momento, gravitação e astronomia. O objetivo deles era fazer um mapeamento dos exercícios e mostrar como que estas oito áreas estavam representadas no total das questões de mecânica. Com isso eles puderam perceber que os livros didáticos poderiam ser categorizados em três grandes grupos. O primeiro grupo era composto por um único exemplar, bastante diferente dos demais livros, cuja principal característica era o fato das questões de mecânica estarem espalhadas pelos três volumes da coleção, com uma forte ênfase nas questões de astronomia em relação as demais áreas. Neste grupo as outras áreas tinham uma distribuição muito próxima, porém inferior a astronomia.

O segundo grupo era formado por livros com uma distribuição de áreas próxima entre si, com ênfase em cinemática, forças e energia enquanto que as outras também tinham uma distribuição muito próxima entre si, exceção feita à astronomia, cuja porcentagem era muito baixa e em alguns livros nula.

O terceiro e último grupo era formado por livros com maior ênfase na cinemática e consequentemente uma ênfase menor nos outros tópicos.

Como nossa pesquisa visa compreender melhor a tradição no ensino de física, adotando a cinemática como objeto de estudo, é importante ressaltar que ela e a mecânica como um todo são

tradicionalmente abordadas ao longo do primeiro ano do ensino médio, estando contempladas costumeiramente em um único volume. Assim sendo, o livro que compõe o primeiro grupo definido por Garcia e Leite (ibid.) não irá nos ajudar a entender melhor esta tradição. Além de este livro abordar a mecânica ao longo de todo o ensino médio, ele também enfatiza a astronomia em detrimento as demais áreas da mecânica. Em síntese, a estruturação da mecânica e a ênfase dada às áreas que compõem a mecânica nesta obra fogem totalmente da tradição estabelecida.

Com isso não estamos afirmando que a qualidade da obra é discutível ou que a ênfase em astronomia no ensino médio é uma proposta equivocada. Isto de forma alguma é um demérito para a obra em questão. O que pretendemos deixar bem claro é que a análise desta obra em particular não irá nos agregar nenhum dado relevante para compreender a tradição no ensino de cinemática.

Na verdade, o conjunto desta obra pode ser o objeto de outra pesquisa que busca, por exemplo, compreender de que maneira o professor e a própria comunidade escolar reagem a uma estruturação da física diferenciada da tradicional, suas vantagens, desvantagens, possibilidades e limitações.

Dessa forma, nossa análise dos exercícios e problemas de cinemática se dará em um exemplar de cada um dos grupos restantes, uma vez que estes guardam características muito semelhantes entre si no que se refere aos exercícios de mecânica e cinemática. Ou seja, entendemos que a análise que iremos fazer sobre os exercícios e problemas de uma obra podem ser estendidas as demais que compõe o grupo.

A obra que escolhemos como representante do segundo grupo, conforme Garcia e Leite (ibid.) foi o livro Física em Contextos – Pessoal – Social – Histórico de Alexander Pogibin, Maurício Pietrocola, Renata de Andrade e Talita Raquel Romero. Daqui em diante iremos nos referir a esta obra como sendo o livro um.

O primeiro volume desta obra foi dividido em quatro grandes unidades. A primeira unidade abordava as bases do conhecimento físico. A segunda unidade estudava a cinemática, o movimento e sua descrição. A terceira unidade envolvia a dinâmica, o movimento e suas causas enquanto que a quarta e última unidade abordava a astronomia.

Os autores disponibilizaram 125 páginas para o estudo da cinemática, distribuídas ao longo de quatro capítulos. Cada capítulo foi composto por uma série de textos que abordaram o assunto em questão.

Ao longo do texto existiam exercícios resolvidos e exercícios propostos sobre o tema abordado. Em determinados trechos do capítulo, os autores abriram uma seção intitulada "explorando a situação". Nesta seção eles buscavam explorar uma situação próxima ao cotidiano do aluno, relacionada com o conteúdo até então trabalhado. Por fim, quase ao final do capítulo, os autores disponibilizaram uma série de exercícios propostos, envolvendo tudo aquilo que havia sido abordado até então no presente capítulo. Para encerar, os autores apresentavam sugestões de outras atividades, geralmente de cunho experimental.

Os exercícios e problemas que analisaremos neste livro foram obtidos dos exercícios resolvidos e propostos disponibilizados ao longo de cada capítulo, somados aos exercícios propostos presentes em uma lista ao final de cada capítulo.

Para o terceiro grupo, aquele onde a ênfase nos exercícios de cinemática era maior que nas outras áreas da mecânica, segundo Garcia e Leite (ibid.), escolhemos a obra Física para o Ensino Médio de Fuke e Kazuhito. Iremos nos referir a esta obra daqui por diante como sendo o livro dois.

O primeiro volume desta obra era dividido em quatro unidades também. A primeira unidade abordava a cinemática escalar enquanto a segunda a cinemática vetorial. A terceira unidade envolvia a dinâmica e a quarta e última a estática. O estudo da cinemática escalar transcorria ao longo de quatro capítulos e o da cinemática vetorial em cinco capítulos. No total, o estudo da cinemática se desenrolava neste livro em duas unidades e nove capítulos, totalizando 179 páginas.

Cada capítulo desta obra abordava o conteúdo físico ao longo do texto mesclando várias seções distintas no decorrer do capítulo. A seção "Outras palavras" permitia compreender como o assunto que estava sendo estudado era abordado em livros, artigos, jornais e páginas da internet. A seção "Atividade prática" demonstrava atividades experimentais simples envolvendo materiais e recursos de fácil obtenção. A seção "A Física na história" mostrava as circunstâncias que cercaram determinada descoberta, os cientistas envolvidos e o contexto da época. A seção "A Física no cotidiano" mostrava aplicações do tema em questão em situações usuais no cotidiano das pessoas. A seção "Para saber mais" fornecia sugestões de livros, revistas, filmes, aplicativos e sítios da internet para aprofundar o conhecimento em determinado tema. Cada uma destas seções aparecia esporadicamente ao longo dos capítulos, intercaladas com exercícios resolvidos. Os

exercícios propostos eram apresentados nesta obra apenas ao final de cada capítulo.

Os exercícios e problemas que analisaremos neste livro foram obtidos dos exercícios resolvidos disponibilizados ao longo de cada capítulo, somados aos exercícios propostos presentes na lista ao final de cada capítulo.

Além da análise que iremos fazer nos exercícios e problemas de cinemática dos livros um e dois, é importante que procedamos a esta mesma análise nas questões do livro texto do projeto Harvard. Entendemos que ele apresenta uma proposta que contempla as principais habilidades que desejamos desenvolver no aluno de física ao longo do ensino médio, razão esta que nos levou a escolhê-lo como referência para análise.

Logo, analisar as questões formuladas pelos autores do projeto Harvard permitirá verificar se estas habilidades são efetivamente estimuladas no aluno quando ele se propõe a resolver os exercícios. Para facilitar a tabulação dos dados mais adiante, iremos nos referir a esta obra como sendo o projeto.

O livro texto do projeto Harvard era uma obra de volume único dividido em cinco unidades. A primeira unidade abordava conceitos de movimento enquanto que a segunda o movimento no céu. A terceira unidade descrevia o triunfo da mecânica. A quarta unidade envolvia luz e eletromagnetismo enquanto que a última unidade estudava modelos atômicos.

A cinemática e a dinâmica eram abordadas na primeira unidade. Para a cinemática os autores disponibilizaram três dos quatros capítulos que constituíam esta unidade, totalizando 78 páginas.

O estudo da cinemática ia se desenvolvendo ao longo de cada capítulo, subdividido em pequenas seções. Ao final de cada seção os autores apresentavam alguns questionamentos. Ao longo do capítulo, eventualmente surgia um seção denominada "*Close up*", onde os autores apresentavam várias fotografias sobre o tema que estava sendo estudado. Ao término de cada capítulo, na seção "*Study Guide*", os autores apresentavam uma lista de exercícios e problemas para os alunos resolverem.

Os exercícios e problemas que analisaremos neste livro foram obtidos das questões disponibilizados ao longo de cada capítulo, somados aos exercícios e problemas presentes na lista ao final de cada capítulo.

Para determinar as tarefas nos exercícios e problemas de cinemática, iremos recorrer a Teoria Antropológica do Didático (TAD) de Chevallard (1999). Na TAD iremos utilizar exclusivamente o bloco técnico-prático [T/τ], o saber-fazer, como já explicitado anteriormente.

Lembramos que as tarefas são geralmente designadas por um verbo. Logo, nos exercícios e problemas dos livros que iremos analisar, determinar as tarefas significa explicitar aquilo que o autor pretende que o aluno faça ou encontre como objetivo final da atividade. Podemos citar, por exemplo, calcular a aceleração de um móvel, construir um gráfico de velocidade em função do tempo, determinar o instante que o móvel passa na origem dos espaços e etc.

Uma vez que a tarefa foi bem determinada, o passo seguinte é buscar a técnica necessária para resolver esta tarefa. Lembramos que a técnica é a maneira, o método geralmente algoritmizado que o aluno irá empreender para resolver a tarefa proposta.

Uma mesma tarefa pode possibilitar técnicas diferentes que permitem alcançar o mesmo objetivo. Para definir a técnica mais apropriada nós utilizaremos alguns critérios. Na análise dos exercícios e problemas resolvidos pelos autores do livro didático, a determinação da técnica é bastante simples. Como a questão já está resolvida, basta descrever a metodologia empregada pelo autor mesmo que exista outra maneira de resolver a questão. Quando isto ocorrer, daremos sempre prioridade à técnica empregada pelos autores uma vez que entendemos que existe uma intenção, geralmente implícita, na utilização de uma determinada técnica em detrimento de outra.

Quando a questão não está resolvida, ou seja, quando iremos analisar as questões propostas para que o aluno faça a título de estudo, o processo é um pouco mais complicado. As tarefas propostas para que o aluno resolva podem apresentar mais de uma técnica que permitam realizá-las.

Quando isto ocorrer, o primeiro critério que utilizaremos levará em consideração o ferramental disponibilizado pelo autor do livro didático. Acompanhe o exemplo a seguir.

> [...] A função horária de espaço do movimento de uma bola de bilhar, que se desloca em linha reta, é dada pela expressão $S = 2 + 3.t - 0,2t^2$ (com unidades do SI). [...] Qual é a função horária da velocidade do movimento? (FUKE e YAMAMOTO, p. 94, 2010).

O aluno precisa determinar a função horária da velocidade de um móvel em movimento retilíneo uniformemente variado. A única informação que ele dispõe é a função horária do espaço deste mesmo móvel. Tradicionalmente, nos livros didáticos, a maneira que o assunto é abordado pelos autores permite que o aluno, analisando a função horária do espaço do móvel, determine as constantes do movimento como espaço inicial, velocidade inicial e aceleração. De posse destas informações, basta que o aluno substitua os valores da aceleração e da velocidade inicial na função horária da velocidade. Procedendo assim, ele resolve o exercício proposto. Esta é a técnica usualmente empregada neste tipo de tarefa, comum a um aluno de primeiro ano durante as aulas de cinemática.

Este mesmo exercício poderia ser resolvido se o aluno derivasse a função horária do espaço em função do tempo. Sabemos que a velocidade é obtida através da derivada primeira do espaço em relação ao tempo, ou seja, $v(t) = dx/dt$. Esta técnica se mostra mais abrangente que a anterior pois pode ser aplicada para movimentos em mais de uma dimensão e para funções distintas das tradicionalmente utilizadas no movimento retilíneo uniformemente variado. O único empecilho é que este ferramental não está disponível para a grande maioria dos alunos do ensino médio uma vez que as derivadas são geralmente abordadas nas disciplinas de cálculo no ensino superior. Ou seja, esta técnica não é conhecida pelos alunos do ensino médio e logo não poderá ser considerada.

Quando a tarefa proposta apresentar mais de uma técnica possível e estas deveriam ser de domínio e conhecimento do aluno, uma vez que foram abordadas e tratadas no texto do livro didático, o critério que iremos utilizar é de optar pela técnica que envolva o menor número de etapas, menor tempo de resolução e procedimentos matemáticos mais simples, ou seja, optaremos pela técnica mais simples do ponto de vista do aluno.

Acompanhe o seguinte exemplo.

> No instante t = 0 s, um carrinho cuja equação da velocidade era v = 10 - 2t, no SI, estava no marco 8 m de certa trajetória retilínea. [...] Determine a velocidade do carrinho no instante 6 s. (PIETROCOLA et al, p.156, 2010).

O aluno precisa determinar a velocidade de um móvel que se move efetuando um movimento retilíneo uniformemente variado em um dado instante. São informados para o aluno o espaço inicial e a

equação da velocidade. A técnica mais simples para resolver esta tarefa consiste em substituir os dados necessários e fornecidos na função horária da velocidade. Com poucas passagens matemáticas envolvendo algumas operações básicas, o aluno encontra a resposta e conclui a tarefa.

Outra técnica possível consiste em determinar inicialmente a função do espaço deste móvel. De posse desta função o aluno poderá construir um gráfico de espaço em função do tempo. Com o gráfico construído ele determina a inclinação da reta tangente ao ponto na curva correspondente ao instante desejado. A tangente do ângulo que esta reta faz com o eixo das abscissas é numericamente igual a velocidade que se deseja encontrar.

As duas técnicas apresentadas acima são de conhecimento do aluno de cinemática no ensino médio, contudo, é evidente que a primeira permite resolver a tarefa com muito mais rapidez e simplicidade.

Identificadas as tarefas e suas respectivas técnicas nos três livros que iremos analisar, obteremos um conjunto final formado por uma série de blocos técnico-práticos [T/τ], ou seja, tarefas acompanhadas de suas respectivas técnicas. Como muitos exercícios e problemas costumeiramente se repetem no livro didático, mudando apenas os valores, por exemplo, iremos agrupar os blocos idênticos, anotando sua frequência para que tenhamos um volume menor de dados para analisar.

Ainda sim, teremos gerado um volume muito grande de dados para que possamos inferir qualquer conclusão a seu respeito. Faz-se necessário proceder a categorização destes dados através da análise de conteúdo. Esta análise de conteúdo, segundo Bardin

> [...] é um conjunto de técnicas de análise das comunicações, visando, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, obter indicadores quantitativos ou não, que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) das mensagens (BARDIN apud TRIVIÑOS, 2012, p.160).

Estas categorias serão criadas de maneira a agrupar os blocos técnico-práticos em grupos que permitam identificar o desenvolvimento de determinadas habilidades que entendemos serem importantes e

possíveis de serem trabalhadas no ensino de cinemática na educação básica. Também iremos criar alguns grupos onde intencionamos identificar e quantificar as habilidades desenvolvidas costumeiramente no ensino tradicional de física. Em síntese, o conjunto formado pelas tarefas e suas respectivas técnicas serão agrupados em oito categorias.

3.1. CATEGORIAS DE ANÁLISE

As primeiras duas categorias que iremos apresentar envolvem uma crítica bastante comum ao ensino de cinemática que é o seu foco predominante na resolução de problemas algébricos, ou seja, que requerem do aluno apenas manipulação matemática dos dados apresentados no enunciado das questões.

3.1.1. Categoria uma fórmula

A categoria uma fórmula irá contemplar blocos técnico-práticos cuja técnica fundamental envolve a identificação dos dados em um problema e a utilização de uma única fórmula para a resolução deste problema. São tarefas que se o aluno souber identificar as grandezas fornecidas no enunciado e verificar qual grandeza é solicitada, poderá identificar, em um formulário, a fórmula que permite encontrar a resposta desejada. No máximo, talvez, o aluno tenha que proceder a conversão de alguma unidade de uma grandeza física que não está no mesmo sistema de unidades que as demais. Nesta categoria também iremos contemplar tarefas que envolvem somente conversão de unidades, onde a utilização de uma regra de três simples basta para resolver a questão.

Acompanhe na sequência um exercício típico desta categoria. “Antes do paraquedas abrir, um *skydiver* cai com uma velocidade uniforme de 12 m/s. Quanto tempo ele demorará para cair 228 m?” (HOLTON, RUTHERFORD, WATSON, p. 32, 1981, tradução nossa).

A resolução deste exercício requer que o aluno utilize, por exemplo, a equação da velocidade do MRU. Substituindo os dados do enunciado na fórmula, sobra apenas a grandeza física que se deseja encontrar como incógnita.

Acompanhe este outro exemplo, pertinente a esta categoria. “Ponteiros de relógios analógicos realizam movimentos circulares. Considerando que o ponteiro dos minutos completa uma volta em 60

minutos, qual será a sua frequência, em rpm?" (FUKE e YAMAMOTO, p. 146, 2010).

A resolução desta tarefa consiste em substituir o dado fornecido no problema na expressão da frequência do movimento circular. A realização de uma simples divisão conclui a tarefa.

Entendemos que nesta categoria estarão agrupados exercícios e problemas que exigem um domínio mínimo ou nulo de conhecimentos da física, ou seja, questões que muito pouco contribuem com a aprendizagem da física. É perfeitamente possível que um aluno com bom raciocínio abstrato identifique os dados e a fórmula correta sem compreender o significado das grandezas utilizadas e o porquê da utilização daquela fórmula. São questões que, no máximo, podem atestar fielmente o bom desempenho matemático do aluno.

3.1.2. Categoria várias fórmulas

A categoria várias fórmulas contemplará, pelo menos em parte, a manipulação matemática na resolução de exercícios e problemas de cinemática. Nesta categoria iremos agrupar tarefas que necessitam de mais etapas para a sua completa resolução. Dessa forma, o aluno que souber retirar os dados corretamente do problema, não encontrará uma fórmula que permita determinar imediatamente a sua solução. Ele necessitará, por exemplo, determinar algumas grandezas físicas faltantes para a resolução final do problema ou, além da resposta numérica desejada, deverá apresentar outras características da grandeza como direção e sentido, por exemplo.

Acompanhe na sequência um exemplar típico desta categoria.

> Um projétil é lançado com velocidade inicial de 100 m/s, segundo uma direção que forma um ângulo de 60^o com a horizontal. Sendo $g = 10\ m/s^2$ e desprezando a resistência do ar, determinar [...] a posição do projétil 5 s após seu lançamento. (PIETROCOLA et al, p.173, 2010).

Para a resolução desta tarefa, a técnica mais usual consiste em determinar primeiramente as componentes da velocidade inicial de lançamento. Em seguida, de posse destas informações, o aluno poderá obter a função horária das posições para os movimentos vertical e horizontal que compõem este lançamento obliquo. Determinadas estas funções, basta substituir o instante desejado nas funções e obter as coordenadas do projétil no instante solicitado.

A resolução desta tarefa não é trivial. Ela exige do aluno o conhecimento das informações necessárias para determinar as coordenadas de um projétil no plano, bem como das técnicas necessárias para determinar eventualmente as informações que não foram disponibilizadas. Se isto não estiver claro para o aluno, dificilmente ele obterá êxito na resolução desta tipologia de tarefa.

Acompanhe outro exemplar desta categoria.

> A velocidade de um móvel aumenta, de forma uniforme, em 1,2 m/s a cada 3,0 s. Em dado instante, sua velocidade é de 0,6 m/s. Então, a partir desse instante, nos 4,0 s seguintes, qual será a distância percorrida pelo móvel? (FUKE e YAMAMOTO, p. 94, 2010).

Para resolver esta tarefa, e necessário que o aluno determine inicialmente a aceleração do móvel. Apenas após a determinação da aceleração é que ele poderá substituir os dados do enunciado em uma fórmula para determinar a distância percorrida no intervalo de tempo dado.

Entendemos que nessa categoria ainda são privilegiados o raciocínio e a capacidade de manipulação matemática para resolução de problemas algébricos. Contudo, acreditamos ser extremamente difícil um aluno resolver qualquer problema dessa categoria sem um mínimo de conhecimento físico, diferente da categoria anterior.

3.1.3. Categoria modelos

Na terceira categoria iremos contemplar a matematização na física. Lembramos que Menezes (1993) e Souza e Donangelo (2012) criticaram a matematização excessiva da cinemática. Nesta categoria iremos agrupar exercícios e problemas que possibilitem ao aluno, construir e determinar modelos matemáticos para uma situação qualquer, seja concreta, real ou figurada.

Na sequência abordaremos um exemplo típico desta categoria por nós idealizado e desenvolvido. Optamos pela criação deste exemplar uma vez que em nenhuma das obras analisadas encontramos exercícios ou problemas que abordassem esta categoria.

A posição de um móvel varia com o tempo segundo a tabela abaixo.

x(m)	- 50	- 44	- 36	0	34	76	184
t(s)	0	1	2	5	7	9	13

Determine uma expressão algébrica que permita demonstrar como a posição do móvel varia com o tempo.

A resolução deste problema não é trivial. Uma técnica possível de resolução consiste inicialmente na construção de um gráfico de posição em função do tempo na tentativa de reconhecer o formato do gráfico e associar a uma dada função matemática. Uma vez que isto foi feito, se houve correspondência do gráfico com alguma função matemática conhecida, o passo seguinte será a determinação das constantes do movimento para em seguida construir a expressão algébrica.

Lembramos que a formalização de modelos exerce um papel fundamental para as ciências naturais. O estudo da cinemática, em especial, apresenta como problema central a abstração e a matematização do mundo. Embora, segundo os PCN e PCN+, desenvolver a capacidade de formalizar modelos não esteja explícito nas habilidades que se deseja desenvolver em física, entendemos que a cinemática apresenta este potencial e pode ser explorado.

3.1.4. Categoria linguagens

Na categoria linguagens iremos agrupar tarefas que estimulem a leitura, articulação e interpretação em diferentes linguagens e representações tais como gráficos, tabelas, diagramas e esquemas. Construir, ler e interpretar corretamente tabelas, gráficos e esquemas além de compreender que eles podem ser diferentes formas de representação de uma mesma relação, são habilidades que se esperam serem desenvolvidas dentro da competência geral representação e comunicação.

Acompanhe o exemplo de uma questão típica pertencente a esta categoria.

> A tabela a seguir mostra valores da velocidade escalar v, em função do tempo t, de um corpo em MUV, cujo espaço inicial é $S_0 = 50$ m.
>
v(m/s)	- 5	5	15	25	35
t(s)	0	5	10	15	20
>
> Escreva no caderno a função horária da velocidade. (FUKE e YAMAMOTO, p. 94, 2010).

Para resolver esta tarefa, o aluno precisa determinar algumas grandezas físicas faltantes. Inicialmente é necessário que o aluno

determine o módulo da aceleração. Para isto ele poderá utilizar dois instantes e suas respectivas velocidades instantâneas disponibilizadas na tabela. De posse da aceleração, basta o aluno identificar a velocidade inicial na tabela anterior e substituir estas informações na expressão da velocidade do movimento uniformemente variado.

Acompanhe este outro exemplar desta categoria.

> Os dados abaixo mostram a velocidade instantânea em um teste de um carro que partiu do repouso. Faça o gráfico da velocidade em função do tempo e, então, obtenha dele dados para fazer o gráfico da aceleração em função do tempo.

Tempo (s)	Velocidade (m/s)	Tempo (s)	Velocidade (m/s)
0,0	0,0	6,0	27,3
1,0	6,3	7,0	29,5
2,0	11,6	8,0	31,3
3,0	16,5	9,0	33,1
4,0	20,5	10,0	34,9
5,0	24,1		

> (HOLTON, RUTHERFORD, WATSON, p. 34, 1981, tradução nossa).

Para resolver esta tarefa, o aluno precisa inicialmente construir um gráfico utilizando os dados da tabela fornecida. Em seguida, com o gráfico construído, ele precisa analisar a inclinação da reta tangente a curva obtida em cada instante dado para obter novos dados que permitirão a construção de um gráfico de aceleração em função do tempo.

3.1.5. Categoria construção humana

Na categoria construção humana iremos agrupar tarefas que permitam ao aluno compreender que o conhecimento científico e o tecnológico é resultado de uma construção humana, inserida em um processo histórico e social. Estas questões auxiliam o aluno a formar uma imagem mais apurada de ciência, sem dogmatismos e certezas definitivas. Além disso, permitem compreender o desenvolvimento histórico da tecnologia mostrando como os seus avanços foram modificando as condições de vida da época e criando novas necessidades. Estas habilidades pretendem ser desenvolvidas na competência geral contextualização histórico e social.

Na sequência apresentaremos um exemplar de uma questão que pertence a esta categoria. “Como Aristóteles explicaria o movimento de uma pedra ao ser lançada no ar?” (PIETROCOLA et al, p. 73, 2010).

Para resolver esta tarefa é necessário entender a *antiperistasis* de Aristóteles. Segundo esta teoria, um corpo só poderia entrar em movimento se uma força atuasse sobre ele. Neste caso, a pedra iria permanecer em movimento porque o ar que estaria à frente da pedra seria deslocado para trás, impulsionando-a. Esta explicação era perfeitamente plausível nos primeiros séculos antes de Cristo mas totalmente inaceitável num período após o século XVII, dadas as contribuições de Newton para compreender o movimento dos corpos.

Acompanhe este outro exemplo.

> Se um prego e um palito de dentes caem ao mesmo tempo da mesma altura, eles não chegarão ao chão exatamente ao mesmo instante (Tente isto com estes objetos ou similares). Como seria a explicação da teoria Aristotélica para isto? Qual foi a explicação de Galileu? (HOLTON, RUTHERFORD, WATSON, p. 46, 1981, tradução nossa).

Tanto Aristóteles quanto Galileu apresentaram modelos que explicavam a queda dos corpos. Conhecer os modelos apenas não basta. É importante que o aluno compreenda o contexto histórico e social que levaram a construção destes modelos. Isto auxiliaria o aluno a compreender que o conhecimento científico não é acabado e nem dogmático.

Entendemos que o estudo da cinemática pode contribuir de forma significativa na abordagem de tais questões e na disseminação de uma imagem de ciência bastante diferente daquela costumeiramente caricaturada nos livros didáticos.

3.1.6. Categoria cópia

Na categoria cópia iremos abordar as tarefas que exigem do aluno apenas a consulta e leitura do livro didático. Fazem parte desta categoria questões que pedem a definição de uma grandeza, o enunciado de uma lei, as características de um dado movimento e etc. Nesta categoria são enquadradas questões que não necessitam de interpretação do texto por parte do aluno. Não é exigido que o aluno

construa um entendimento de um determinado assunto mas sim, que identifique no texto a resposta procurada. A resolução destas questões pode ser resumida a uma transcrição literal de um fragmento do livro texto.

Na sequência abordaremos um exemplar desta categoria. “O que é uma grandeza física ?” (PIETROCOLA et al, p. 75, 2010).

A resolução desta tarefa exige apenas que o aluno procure a definição de grandeza física no texto do livro didático e a transcreva para o caderno. A palavra grandeza se encontra destacada pelo autor no meio do texto, facilitando a sua localização, permitindo que o aluno leia apenas as frases mais próximas da palavra, na busca da resposta ao questionamento.

Acompanhe este outro exemplo. “Por que a queda livre é considerada um movimento retilíneo uniformemente variado?” (FUKE e YAMAMOTO, p. 107, 2010).

Da mesma forma que no exemplo anterior, a resposta a esta pergunta é bastante clara no texto do livro didático. Basta o aluno ler um texto de quase uma página, intitulado Queda Livre, que ao final do texto ele encontrará a resposta da pergunta.

Entendemos que as questões que são abordadas nesta categoria contribuem muito pouco para a aprendizagem de física, tal qual as questões pertencentes à primeira categoria. O aluno pode encontrar a resposta da pergunta realizada sem necessariamente compreender o significado dos conceitos envolvidos.

3.1.7. Categoria interpretação

Na categoria interpretação iremos abordar as tarefas que exigem do aluno não apenas a consulta e leitura do livro didático, mas sim a interpretação de um texto. Para responder as questões que compõem esta categoria, o aluno precisa compreender o texto e construir uma resposta. A resposta da questão não está dada no livro, bastando ao aluno apenas copiá-la. É necessário que o aluno construa um entendimento de um determinado assunto para que possa escrever a resposta.

Acompanhe na sequência um exemplar desta categoria. “Por que alguns dos estudos consideram os corpos envolvidos como pontos materiais?” (PIETROCOLA et al, p. 75, 2010).

A resposta deste questionamento não é dada no texto do livro didático. O aluno precisa compreender a diferença entre ponto material

e corpo extenso para construir uma resposta. É necessária a construção de um entendimento por parte do aluno para poder julgar em que situação as dimensões de um móvel podem ser desprezadas no estudo do movimento de um corpo. Sem a construção de uma compreensão sobre este fato, ficaria muito difícil entender como que um mesmo corpo, como um automóvel, por exemplo, em determinadas situações podem ter suas dimensões desprezadas e em outras não.

Veja outro exemplo pertinente a esta categoria.

> Um rapaz rola uma bolinha de gude sobre a superfície de uma mesa, fazendo-a cair no chão. Em seguida, ele repete o movimento, só que imprimindo uma velocidade maior. Pergunta-se: em algum dos lançamentos a bolinha demorará mais tempo para chegar ao chão? (FUKE e YAMAMOTO, p. 185, 2010).

A resolução desta tarefa exige mais que apenas a leitura do texto do livro didático a procura da resposta a este questionamento. O aluno precisa interpretar o texto que descreve como ocorre o lançamento horizontal de um objeto nas proximidades da Terra, desprezando os efeitos do ar. Se o aluno construir um entendimento correto sobre o fenômeno descrito, irá perceber que a duração do tempo de movimento não depende da velocidade horizontal de lançamento, mas sim, da altura inicial de lançamento. Dessa forma, como no exemplo a altura do lançamento é dada pela altura da mesa, o tempo de queda da bolinha de gude permanecerá sempre o mesmo.

Entendemos que os exercícios e problemas que são abordados por esta categoria apresentam potencial para auxiliar o aluno no processo de aprendizagem da física, o que possivelmente não ocorre na categoria anterior.

3.1.8. Categoria espírito investigativo

Na última categoria abordaremos tarefas que instiguem o espírito investigativo do aluno. Segundo Brasil (2002, 2006), o ensino de física precisa resgatar o espírito questionador e o desejo de conhecer o mundo que se habita. E isto não se obtém através da resolução de problemas de tal modo idealizados que podem ser resolvidos com a mera aplicação de fórmulas.

Entendemos que uma das maneiras de promover o espírito investigativo do aluno é propor questões cuja resolução exija uma busca

de conhecimento que não se restrinja ao livro didático. Consulta a especialistas, sítios da internet, livros paradidáticos, manuais técnicos entre outros são algumas das fontes onde o aluno pode continuar sua busca de conhecimento para responder a questão proposta.

Acompanhe um exemplar desta categoria na sequência. "Tente desenvolver um experimento que permita calcular a velocidade do som" (HOLTON, RUTHERFORD, WATSON, p. 32, 1981, tradução nossa).

A resolução desta tarefa não se encontra no livro didático. O livro didático não apresenta nenhum indicativo de como proceder para a resolução deste problema. Para que o aluno tenha êxito na resolução deste problema, ele precisa ter muita clareza sobre o conceito e a definição de velocidade, sobre a propagação das ondas sonoras e sobre o funcionamento de mecanismos comumente utilizados para aferir a velocidade de um móvel. Usualmente, o estudo das ondas sonoras é feito em outro capítulo denominado Acústica, tradicionalmente abordado no segundo ano do ensino médio. A resolução desta tarefa exige por parte do aluno a pesquisa em outras fontes de consulta.

Veja este outro exemplar.

> Qual é a sua opinião a respeito da realização de pesquisas científicas na área da energia nuclear? Leve em consideração tanto o uso pacífico em prol da humanidade quanto o emprego beligerante de armamento nuclear, por exemplo. Redija um texto sem se preocupar com o tamanho dele e o entregue ao professor. (FUKE e YAMAMOTO, p. 33, 2010).

Para que o aluno resolva esta tarefa adequadamente, é necessário que ele investigue os pontos positivos e negativos da pesquisa nuclear. Como esta temática não é aprofundada no texto do livro didático, será necessário que ele lance mão de outras fontes de consultas.

A construção deste texto de opinião, que é a resposta que a realização da tarefa exige, apresenta um bom potencial para despertar a capacidade investigativa do aluno. Como é um tema recorrente e bastante polemizado pela mídia, seu estudo permite que o aluno assuma um posicionamento frente ao tema, expandindo seu horizonte de conhecimento.

Na sequência, no quadro 3, apresentaremos uma síntese das categorias construídas para a análise das tarefas e técnicas de resolução de problemas e exercícios presentes nas obras estudadas.

Quadro 3 – Categorias de análise dos blocos técnico-práticos

Categoria	Caracterização dos Blocos
Uma fórmula	Questões que necessitam de uma única fórmula conhecida e de manipulação matemática para sua resolução;
Várias fórmulas	Questões que necessitam de mais de uma fórmula conhecida e de manipulação matemática para sua resolução;
Modelos	Questões que promovem a formalização de modelos;
Linguagens	Questões que apresentam leitura, articulação e interpretação de diferentes linguagens e representações;
Construção humana	Questões que auxiliam na compreensão de que o conhecimento científico é resultado da construção humana, inserida em um processo histórico e social;
Cópia	Questões que envolvem apenas leitura do texto do livro didático para sua resolução;
Interpretação	Questões que necessitam da interpretação do texto do livro didático para sua resolução;
Espírito investigativo	Questões que estimulam a formação do espírito investigativo do aluno;

Fonte: o autor

Com base nestas categorias estabelecidas a priori, a análise dos blocos técnico-práticos, ou seja, do saber-fazer de cada uma das três obras, trará elementos que nos permitirão inferir sobre quais habilidades os exercícios e problemas de cinemática efetivamente se propõe a desenvolver, fornecendo dados sobre a tradição no ensino de física neste aspecto.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para responder a pergunta que originou esta pesquisa, foram analisadas três obras. Duas obras são formadas por livros didáticos que foram aprovados pelo Guia PNLD 2012 e são utilizados em escolas públicas do país desde 2012, enquanto que a terceira obra é formada pelo livro texto do projeto Harvard, um projeto norte-americano de ensino de física da década de 70.

Como nosso foco foi o ensino de cinemática, foram analisados um total de 670 exercícios e problemas. Destes, 542 compunham as questões propostas para que os alunos resolvessem e 128 as questões resolvidas pelos autores dos materiais didáticos. A distribuição das questões pode ser percebida no quadro 4.

Quadro 4 – Distribuição das questões por obra analisada

Obra	Exercícios e Problemas			
	Resolvidos		Propostos	
	Quantidade	% do total	Quantidade	% do total
Livro 1	45	19,07	191	80,93
Livro 2	71	26,20	200	73,80
Projeto	12	7,36	151	92,64

Fonte: dados da pesquisa

Um fato muito interessante que pôde ser percebido no quadro anterior envolve a relação entre questões resolvidas e propostas nas três obras analisadas. Enquanto que na primeira obra existem 4,24 questões propostas para cada resolvida e na segunda 2,82, na terceira encontramos 12,58, um valor muito discrepante em relação aos outros dois livros.

Com base nisto é possível entender que os autores do projeto não apresentaram uma preocupação e nem uma necessidade muito grande em demonstrar aos alunos técnicas de resolução de problemas e exercícios. Esta preocupação já é mais visível nos primeiros dois livros, principalmente no livro dois.

Os exercícios e problemas que foram analisados nas três obras, sob o enfoque da TAD, geraram tarefas e estas, técnicas de resolução. Com isso, cada exercício e problema gerou em média mais de um bloco técnico-prático, ou seja, apresentaram mais de uma tarefa por questão analisada.

As 670 questões analisadas e estudadas originaram 1.401 blocos técnico-práticos, ou seja, 1.401 tarefas associadas a uma

determinada técnica. Estas tarefas foram posteriormente agrupadas e contadas uma vez que ocorreram tarefas e técnicas repetidas ao longo da análise dos livros. A distribuição destes blocos nas três obras analisadas está descrita no quadro abaixo.

Quadro 5 – Distribuição dos blocos técnico-práticos por obra analisada

Obra	Exercícios e Problemas			
	Resolvidos		Propostos	
	Quantidade	% do total	Quantidade	% do total
Livro 1	89	18,74	386	81,26
Livro 2	155	35,31	284	64,69
Projeto	19	3,90	468	96,10

Fonte: dados da pesquisa

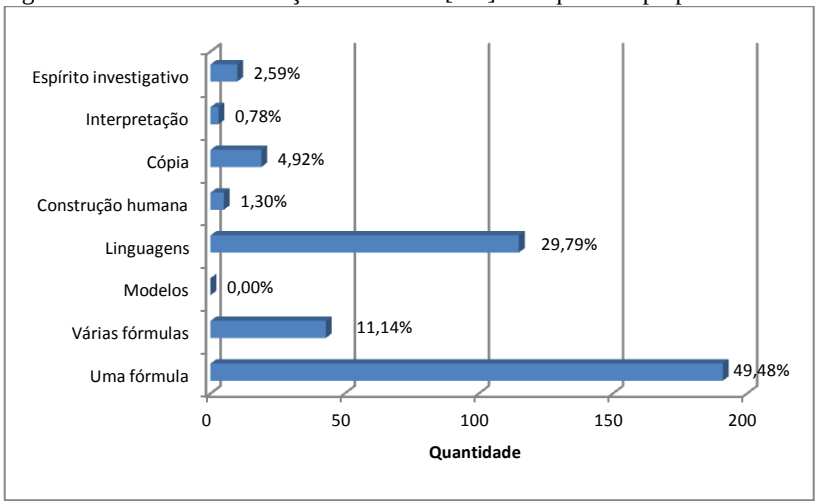
Analisando o quadro 4 e o 5 pudemos constatar um fato bastante interessante. O livro que apresentou o maior número de exercícios e problemas apresentou o menor número de blocos técnico-práticos. Já o livro que apresentou menos exercícios e problemas acabou apresentando a maior quantidade de blocos técnico-práticos. Assim sendo, analisando todos os exercícios e problemas dos livros, tanto os resolvidos quanto os propostos, percebemos que no livro um há uma relação de 2,01 blocos técnico-práticos por questão. No livro dois esta relação é igual a 1,62 enquanto que no projeto passa a ser 2,99.

Isto não significa que a qualidade das tarefas de um livro é inferior ou superior ao outro. Não podemos inferir que o livro que apresenta mais tarefas por questão, também apresenta tarefas mais diversificadas em termos de conteúdo que o outro. A análise que podemos fazer neste ponto é exclusivamente quantitativa e não qualitativa. Podemos apenas afirmar que, estruturalmente, as questões das três obras apresentam aspectos distintos entre si e que os autores do projeto optaram por agregar mais tarefas para cada questão que se propuseram a escrever.

Uma vez que os blocos técnico-práticos foram identificados, procedeu-se a sua categorização. Todas as tarefas acompanhadas de suas respectivas técnicas foram classificadas em uma das oito categorias estabelecidas previamente de acordo com as habilidades que estas fomentavam.

Iniciaremos a análise pelo livro um. Na figura 1 podemos verificar a distribuição dos blocos técnico-práticos das questões propostas para o aluno resolver.

Figura 1 – Livro 1: Distribuição dos blocos [T/τ] nas questões propostas



Fonte: dados da pesquisa

Com base na figura acima podemos perceber uma ênfase muito grande nas questões que envolvem a manipulação matemática da cinemática. Praticamente metade das tarefas (49,48%) podem ser resolvidas através de uma simples substituição dos dados do enunciado em uma única fórmula ou regra de três. Com uma porcentagem bem menor (11,14%) estão as tarefas de manipulação matemática mais complexas, onde pelo menos um mínimo de conhecimento da física o aluno necessitava para resolvê-las. São tarefas que um aluno que possa retirar os dados da questão corretamente, ou por reconhecer as grandezas físicas envolvidas ou por associar a grandeza a uma determinada unidade, não encontrará uma fórmula que responda completamente a questão, ou por falta de informações ou pela necessidade de interpretar a resposta encontrada.

Em segundo lugar na frequência aparecem as tarefas que estimulam a utilização, interpretação e construção de outras linguagens e representações como os gráficos, tabelas, esquemas e diagramas, correspondendo a 29,79% do total. São tarefas que estimulam o aluno a compreender que a representação algébrica é apenas uma forma de representar um fenômeno mas não a única.

Estas três categorias analisadas até este ponto são responsáveis por 90,41% das tarefas presentes nas questões de cinemática, o que mostra uma ênfase muito grande na manipulação

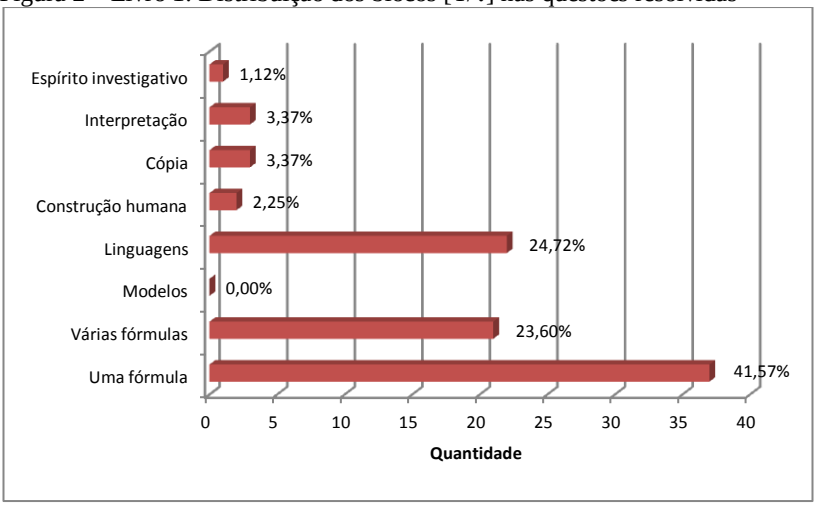
matemática e no desenvolvimento de outras linguagens e representações.

As tarefas que auxiliam na compreensão de que o conhecimento científico é resultado da construção humana inserida em um contexto histórico e social (1,30%) e aquelas que estimulam o espírito investigativo do aluno (2,59%), somadas representam apenas 3,89% do total, um percentual inferior a 5,70% que corresponde às tarefas que envolvem apenas leitura e interpretação de texto do livro didático.

É importante ressaltar que não foi encontrada nenhuma tarefa que estimulasse a formalização e a construção de um modelo algébrico de um dado fenômeno natural. Apenas tarefas que promoviam a utilização de modelos acabados e tradicionais no ensino de cinemática.

Analisando as questões resolvidas pelos autores do livro um a título de exemplo, conforme figura 2, pudemos verificar que as porcentagens não sofreram nenhuma alteração significativa, mantendo praticamente a mesma proporção encontrada nas questões propostas analisadas anteriormente.

Figura 2 – Livro 1: Distribuição dos blocos [T/τ] nas questões resolvidas



Fonte: dados da pesquisa

O foco principal das tarefas encontra-se na manipulação matemática da cinemática com 41,57% das tarefas podendo ser resolvidas com apenas a retirada dos dados do enunciado e a

subsequente substituição em uma fórmula dada e 23,60% delas necessitando de mais etapas algébricas na sua resolução. Estas primeiras duas categorias de análise totalizam 65,17% de tarefas que visam prioritariamente os processos algébricos na resolução de questões de cinemática.

Na sequência encontramos 24,72% de tarefas que estimulam o uso de outras linguagens e representações na física. Estas três categorias reunidas representam 89,89% do total de tarefas, um percentual muito próximo daquele encontrado nas questões propostas. As tarefas que auxiliam na formação de uma imagem de ciência como uma construção humana (2,25%) e as que promovem a atitude investigativa do aluno (1,12%) representam apenas 3,37% do total. Este percentual é inferior aos 6,74% associados às tarefas que exigem apenas leitura e interpretação do texto do livro didático.

Nos exercícios e problemas resolvidos pelos autores do livro um também não encontramos nenhuma tarefa que estimulasse a formalização de modelos. Contudo, no texto do livro didático, os autores do livro procedem à construção de alguns modelos.

Antes de iniciar o estudo dos movimentos, os autores apresentam um texto sobre modelização matemática, onde constroem uma lei que relaciona o diâmetro ao perímetro de tubos de PVC e uma lei que relaciona o peso de uma criança e a posição que esta deve ocupar em uma gangorra para equilibrar um bloco de concreto que está na outra extremidade. Ao abordar o movimento uniformemente variado, os autores constroem a função horária da posição repetindo o experimento de Galileu com o plano inclinado, comparando medidas de distância percorrida por uma bola abandonada do alto do plano e o respectivo tempo gasto para percorrer esta distância.

Dessa forma, os autores do livro um abordam a formalização de modelos. Apenas não constroem nenhum exercício ou problema que solicite ao aluno que proceda a uma construção semelhante. Podemos entender que os autores julgam importante apresentar para os alunos o processo de formalização de modelos na ciência ao mesmo tempo em que julgam desnecessário que eles saibam fazê-lo.

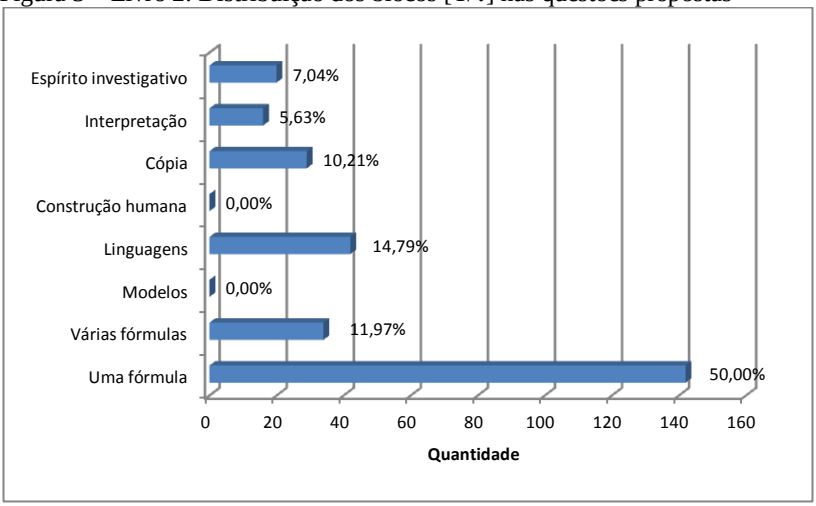
Analisando os exercícios e problemas de cinemática do livro um e consequentemente as tarefas e técnicas necessárias para sua resolução, pudemos constatar que o foco principal reside na manipulação matemática, principalmente em questões que necessitam de um conhecimento de física mínimo ou nulo. Quase metade das tarefas identificadas se encaixa neste perfil.

Por outro lado, pelo menos o desenvolvimento de outras formas de linguagem e representação, atributos do ensino de física segundo Brasil (1999, 2002, 2006), são abordados em um quarto das tarefas apresentadas.

Infelizmente, a presença de tarefas que promovam a investigação, a busca de outras fontes de consulta e que permitam o aluno compreender que a ciência é uma construção humana, histórica, social e não dogmatizada, surgem em frações ínfimas se comparadas as demais questões.

A análise do livro dois não mostrou um panorama muito diferente. Ao analisar as questões propostas pelo autor para que os alunos resolvessem, percebemos 50,00% de tarefas voltadas a aplicação dos dados do problema em uma única fórmula e 11,97%, um percentual quase cinco vezes menor, conforme figura 3, para as questões que envolvem processos algébricos mais complexos.

Figura 3 – Livro 2: Distribuição dos blocos [T/τ] nas questões propostas



Fonte: dados da pesquisa

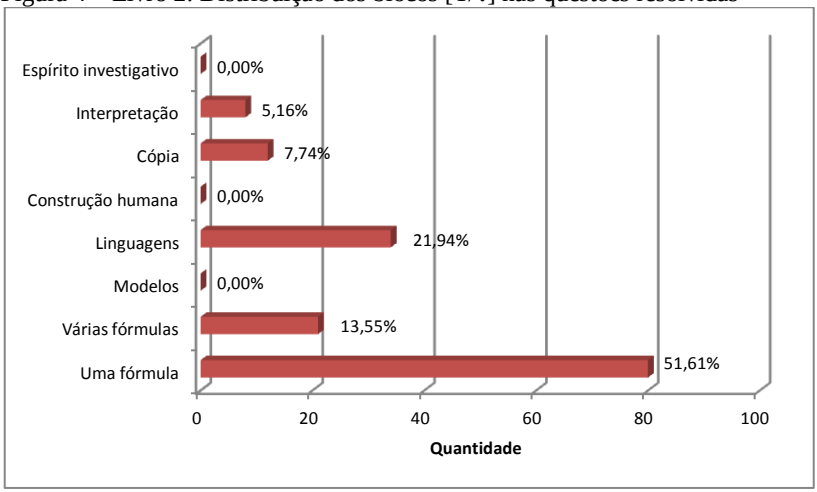
A utilização de outras linguagens e representações surge com um percentual de 14,79%, inferior ao encontrado no livro um. Estas três primeiras categorias representam 76,58% das tarefas presentes neste livro, um percentual menor se comparado ao livro um.

As tarefas que estimulam o espírito investigativo do aluno compareceram com um percentual de 7,04%. Em contrapartida, aquelas

que fomentam uma visão da ciência como uma construção humana, social e histórica estiveram totalmente ausentes, da mesma forma que as que estimulam a formalização de modelos. Aquelas que exigem do aluno a leitura e interpretação do texto do livro didático contribuíram com 15,85%, sendo que deste percentual, apenas 5,63% exigem a interpretação por parte do aluno.

A análise das questões resolvidas pelos autores do livro dois, conforme figura 4, mostrou uma grande semelhança com as questões propostas, tal qual na análise do livro um.

Figura 4 – Livro 2: Distribuição dos blocos [T/τ] nas questões resolvidas



Fonte: dados da pesquisa

As tarefas que necessitam a utilização de uma simples fórmula aliada a manipulação matemática para sua resolução contribuíram com 51,61% enquanto que aquelas que requeriam um conhecimento mais sólido da física apareceram com 13,55%. Aquelas que promoviam a utilização, interpretação e construção de outras linguagens e representações diferentes da algébrica, contribuem com 21,94% do total. Estas três categorias somadas são responsáveis por 87,1% das tarefas do livro, um percentual superior aquele encontrado nos exercícios e problemas propostos e muito próximo daquele aferido no livro um.

A formalização de modelos e a compreensão de que esta é construída em um processo humano, histórico e social não aparecem nestas questões. Surpreendentemente também não há registro de

nenhuma tarefa que estimule o espírito investigativo do aluno, diferente daquilo que foi encontrado nas questões propostas para os alunos resolverem. Questões que necessitam apenas da leitura e interpretação do texto do livro didático contribuem com 12,90% do total.

A análise do livro dois, tal qual o livro um, mostrou uma forte e predominante tendência dos autores para a manipulação matemática da cinemática, principalmente nas tarefas que exigem um mínimo de conhecimento da física. O estimulo na utilização de outras formas de linguagem e representação também é bastante presente, porém com frequência menor que no livro um.

O fato dos autores do livro dois não apresentarem nenhuma questão resolvida que envolva o caráter histórico da ciência ou promovam a curiosidade investigativa do aluno, permitiu que nós concluíssemos que o foco dos autores está mais voltado para a reprodução de algoritmos. Entendemos com isso que os autores objetivam a memorização das sequências de resolução de exercícios por parte dos alunos.

Infelizmente as tarefas não exploram a formalização de modelos. Os autores do livro dois, diferente dos autores do livro um, não abordam a construção de modelos com propriedade ao longo do texto do livro didático. O ponto em que os autores mais se aproximam da construção de um modelo algébrico é na dedução da função horária do MRUV através do cálculo do deslocamento de um móvel com base em um gráfico de velocidade em função do tempo.

Questões que promovam o caráter histórico da ciência, mostrando que esta é uma construção humana inserida em um contexto histórico e social além das questões que despertem o espírito investigativo do aluno, surgem minimamente no livro dois, tal qual o livro um.

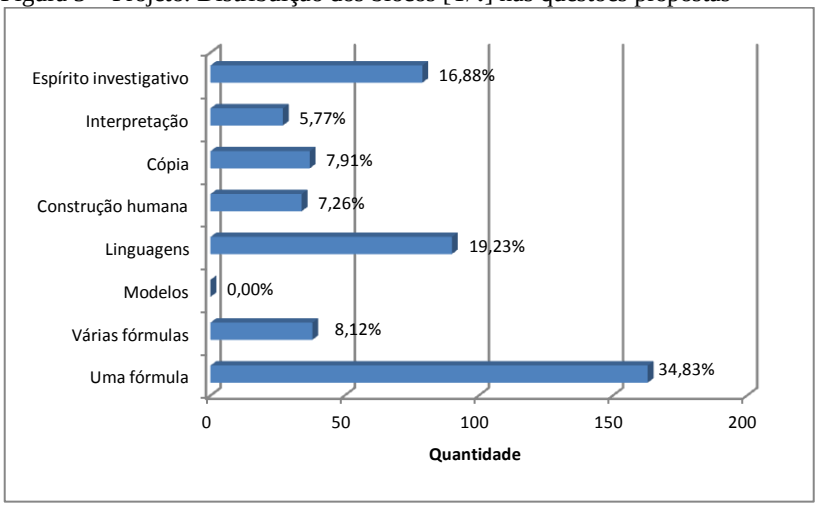
A análise do projeto mostrou uma série de aspectos distintos dos dois livros anteriores. Analisando as questões propostas pelos autores, o primeiro aspecto que chama a atenção é referente à manipulação matemática na cinemática. As tarefas que necessitam da aplicação dos dados do enunciado da questão em uma única fórmula encontram neste livro o seu menor percentual: 34,83%. O mesmo se repete nas questões algebrizadas mais complexas, representando 8,12% do total. Estas duas categorias somadas que representam tarefas cuja técnica central reside na manipulação matemática correspondem a 42,95%, ou seja, menos da metade das tarefas presentes em toda a cinemática do livro.

Com isso podemos inferir que, mesmo ainda muito presente, os autores do projeto não supervalorizaram o formulismo e a manipulação matemática no estudo dos movimentos, diferente dos autores dos livros um e dois.

A resolução de tarefas que estimulam outras linguagens e representações distintas da algébrica apresenta um percentual de 19,23%, intermediário se comparado aos outros dois livros. Estas três categorias somadas apresentam um total de 62,18% das tarefas presentes na obra. Este percentual é muito inferior ao do livro um (90,41%) e ao do livro dois (76,58%). Com isso podemos esperar que exista um percentual significativo de tarefas que não irão focar nem a manipulação matemática e nem as outras formas de representação e linguagem.

A distribuição das tarefas e das técnicas nas questões propostas para os alunos desenvolverem pode ser visualizada na figura 5.

Figura 5 – Projeto: Distribuição dos blocos [T/τ] nas questões propostas



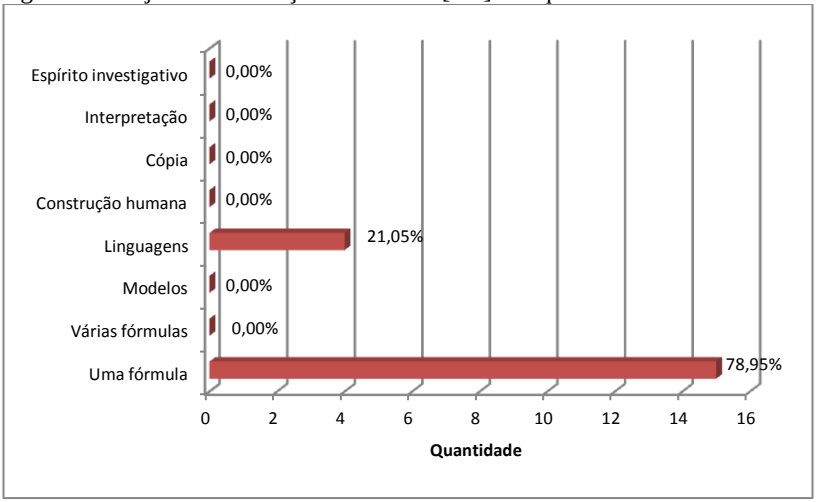
Fonte: dados da pesquisa

As tarefas que possibilitam ao aluno compreender que a ciência é uma construção humana e que este processo ocorre inserido em um meio econômico, histórico e social, representam 7,26%, o maior percentual encontrado nesta categoria.

A maior surpresa surgiu ao analisar as tarefas que promovem a curiosidade e a capacidade investigativa do aluno. Neste livro elas correspondem a 16,88%, um percentual elevadíssimo se comparado aos outros dois livros. As tarefas que demandam do aluno simplesmente leitura e interpretação de texto do próprio livro didático encontram neste livro um percentual de 13,68%, acima do percentual encontrado no livro um e muito próximo do percentual do livro dois. Nesta obra também não detectamos nenhum tipo de atividade que promova a construção de modelos.

Iremos proceder também à análise dos exercícios e problemas resolvidos pelos autores do projeto, lembrando que nesta obra em particular havia apenas doze questões para serem analisadas, como já comentamos anteriormente.

Figura 6 – Projeto: Distribuição dos blocos [T/τ] nas questões resolvidas



Fonte: dados da pesquisa

As doze questões resolvidas pelos autores do projeto abrangeram apenas duas categorias, conforme figura 6. A maioria das tarefas, com um percentual de 78,95%, abrangeram a primeira categoria cuja resolução demandava apenas a retirada dos dados do problema e substituição em uma única fórmula. Os 21,05% restantes ficaram para as tarefas que estimulavam a utilização de outras formas de representação e linguagem, diferentes da algébrica.

O fato dos autores apresentarem tão poucos exercícios e problemas resolvidos, se comparado à análise dos dois primeiros livros, permitiu nos inferir que o treinamento e a memorização de técnicas de resolução de exercícios não é um dos objetivos destes autores. Se assim o fosse, a pouca quantidade de exemplares para o aluno estudar, demandaria um esforço muito maior por parte do professor durante as aulas no auxilio ao aluno na resolução das tarefas.

A análise desta última obra mostrou uma série de características distintas das outras duas analisadas. O primeiro ponto perceptível é que os autores desta obra não apresentaram quase nenhuma preocupação em demonstrar metodologias de resolução de exercícios e problemas, bem diferente das outras duas. Isto pode ser inferido pela pequena quantidade de exercícios resolvidos no livro.

Além disso, os autores do projeto souberam diversificar mais as habilidades que poderiam ser desenvolvidas através da resolução das tarefas apresentadas. Mesmo com um foco predominante na manipulação matemática e no formulismo da cinemática, este não ultrapassou metade do total analisado, deixando uma fatia considerável de tarefas que fomentassem outras habilidades.

No desenvolvimento das outras formas de linguagem e representação como gráficos, tabelas, diagramas, esquemas e sua relação com a linguagem algébrica, o projeto não apresentou nenhuma diferença significativa se comparada às outras duas obras.

O diferencial desta obra pode ser percebido nas tarefas que possibilitam uma visão de ciência como uma construção humana, pertencente a um contexto econômico, cultural e social e principalmente naquelas que despertam a capacidade investigativa do aluno. Com isso, percebe-se uma preocupação dos autores para que o aluno extrapole as fronteiras do livro didático na busca do conhecimento, não se limitando a utilização pura e simples de modelos idealizados, repetindo algoritmos predeterminados até sua completa memorização. Nota-se também uma preocupação dos autores em demonstrar uma ciência não dogmatizada, que vem sendo construída e reformulada ao longo da história do homem.

Os autores do projeto não criaram nenhuma tarefa que solicitasse ao aluno a construção de modelos do movimento. Dessa forma, a matematização como a entendemos, como a construção de um modelo matemático para uma situação concreta, real ou figurada, não é abordada em nenhum exercício ou problema.

No entanto, os autores do projeto apresentaram a formalização de modelos ao longo do texto do livro didático. Sem nenhum título ou subtítulo indicativo, os autores procederam a modelagem matemática. Com base em dados reais e no experimento de Galileu com o plano inclinado, eles construíram expressões algébricas para os movimentos uniforme e uniformemente variado.

Deste fato podemos inferir uma conclusão muito semelhante a conclusão que chegamos dos autores do livro um, no que se refere a formalização de modelos. Os autores reconhecem a importância da modelagem matemática para a ciência e por isso apresentam aos alunos como são obtidas algumas expressões algébricas bastante utilizadas no estudo da cinemática, mas não julgam importante ou pertinente que o aluno saiba executar esta construção. De qualquer forma, a formalização de modelos é abordada no texto do livro um e no projeto.

Até este momento procedemos à análise da cada uma das obras abordadas, separando os blocos técnico-práticos, ou seja, as tarefas acompanhadas de suas respectivas técnicas, identificadas nas questões propostas e resolvidas, em cada uma das oito categorias definidas *a priori*. Deste ponto em diante faremos a análise de cada uma das categorias individualmente e a sua representação em cada uma das obras estudadas. Para facilitar o tratamento da informação não faremos a separação entre exercícios e problemas propostos e resolvidos. Construiremos um novo conjunto de dados contendo o somatório de todas estas questões, separadas por obra e categoria.

Quando analisamos a categoria uma fórmula, ou seja, as tarefas cuja técnica consiste basicamente na substituição dos dados do enunciado da questão em uma única fórmula conhecida previamente pelo aluno, percebemos que os dois primeiros livros apresentam, respectivamente, 48,00% e 50,57% de todas as tarefas nesta categoria. Muitas vezes a tarefa é tão básica que para sua resolução basta aplicar uma regra de três simples e direta.

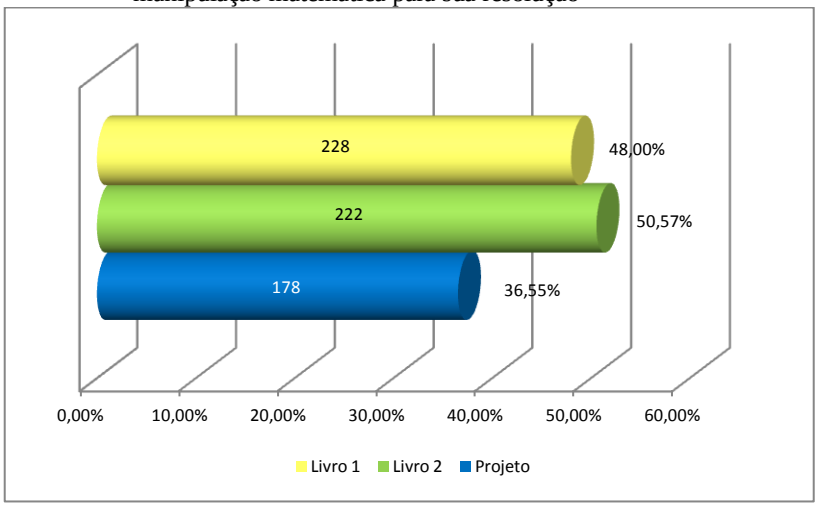
Estes percentuais são extremamente elevados para englobar tarefas de cinemática que não necessitam propriamente do entendimento do aluno sobre os conceitos envolvidos, as grandezas estudadas, os fenômenos da natureza e os modelos construídos para este entendimento, ou seja, a física presente na cinemática e que poderia ser explorada deixa de ser necessária em praticamente metade das tarefas que envolvem esta categoria.

Das três obras apresentadas aquela que apresentou um percentual menor de tarefas abrangendo a primeira categoria foi o

projeto, com 36,55%. Isto demonstra que os autores do projeto provavelmente souberam diversificar mais as tarefas de cinemática e as habilidades que estas podiam fomentar.

Os dados oriundos da análise da categoria uma fórmula podem ser observados na figura 7. É importante ressaltar que o critério utilizado para analisar as três obras por categoria foi o percentual de tarefas em relação ao total das tarefas de cada obra e não o número absoluto de tarefas. O número absoluto das tarefas pode ser conferido no interior de cada barra da figura, representado as obras estudadas.

Figura 7 – Tarefas que necessitam de uma única fórmula conhecida e de manipulação matemática para sua resolução



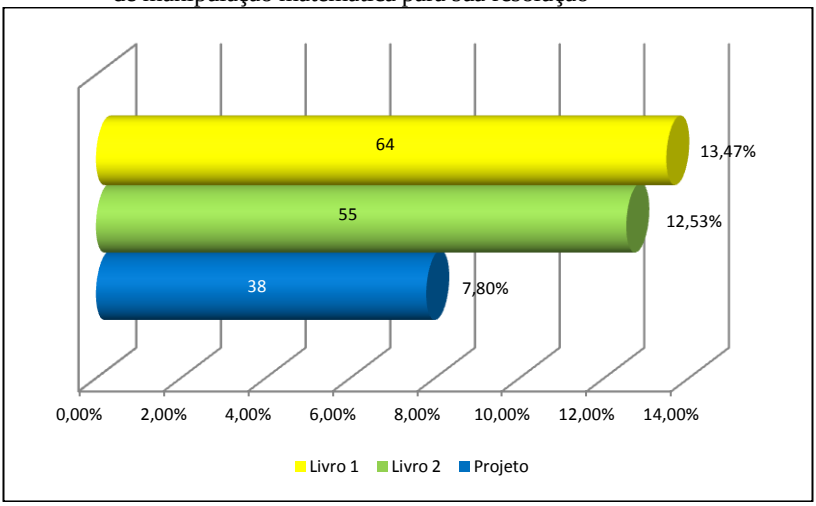
Fonte: dados da pesquisa

Na categoria várias fórmulas, percebemos que a distribuição das tarefas manteve certa proporção com a primeira categoria. Os dois primeiros livros apresentaram percentuais respectivamente iguais a 13,47% e 12,53% enquanto que o projeto apenas 7,80%.

Lembramos que nesta categoria estão agrupadas as tarefas cuja resolução necessita da manipulação matemática, tal qual a categoria anterior, com o diferencial de que nesta as tarefas necessitam de um algoritmo de resolução mais complexo. Um aluno não conseguirá resolver esta tipologia de tarefa se não souber um mínimo de conhecimento físico. Não há uma fórmula única capaz de resolver o problema. O aluno precisará verificar as informações que possui,

levantar quais ainda não possui mas são necessárias e estabelecer um roteiro de resolução que permita responder a pergunta que o enunciado da questão propôs. A distribuição das tarefas nesta categoria pode ser visualizada na figura 8.

Figura 8 – Tarefas que necessitam de mais de uma única fórmula conhecida e de manipulação matemática para sua resolução



Fonte: dados da pesquisa

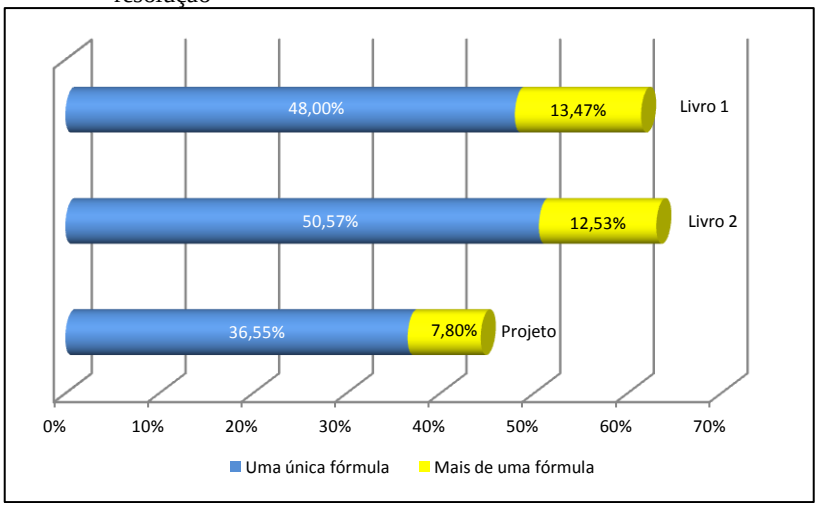
O que nos podemos perceber nesta categoria é que os livros que apresentaram uma maior tipologia de tarefas algébricas simples, também apresentaram uma proporção maior de tarefas algébricas complexas. Contudo é importante ressaltar que o foco dos autores das obras analisadas, principalmente dos livros um e dois, está voltado para questões algébricas simples. A presença de questões que demandam tarefas algébricas mais complexas surge em uma quantidade muito menor se comparada a anterior.

Dessa forma, pode se inferir que a maior concentração de tarefas na cinemática dos livros analisados está voltada para a manipulação matemática e para o formulismo na sua forma mais básica e na qual o papel da física não é crucial, mas sim um mero coadjuvante.

Para que possamos compreender melhor a presença da resolução meramente algébrica de tarefas nas três obras analisadas, iremos somar as primeiras duas categorias para quantificar o percentual

que estas representam sobre o todo da cinemática. O resultado desta soma pode ser visualizado na figura 9.

Figura 9 – Tarefas que necessitam apenas de manipulação matemática para sua resolução



Fonte: dados da pesquisa

Na figura acima podemos perceber que nos livros um e dois o foco principal das tarefas construídas pelos autores reside na algebrização da cinemática. No projeto, a algebrização ainda é muito presente mais com um percentual relativamente reduzido em relação às outras duas obras.

Esta algebrização excessiva, no que concerne ao estudo da cinemática, superando a barreira dos 60% nos dois primeiros livros, associado a um número muito grande de tarefas resolvidas pelos autores com foco na memorização de algoritmos de resolução de exercícios, contribui sem dúvida para a formação de uma imagem de que a física no ensino médio é uma espécie de matemática aplicada.

Esta imagem errônea da física acaba se tornando mais presente quando o aluno não teve contato com esta disciplina ao final do ensino fundamental. Por uma série de razões e motivos que poderiam ser amplamente levantados, discutidos e explorados em outra pesquisa, alguns professores de ciências do último ano do ensino fundamental priorizam muito mais a química que a física, quando esta é ministrada. Com isso, para estes alunos, o primeiro contato formal com

o conhecimento da física ocorre no primeiro ano do ensino médio, tradicionalmente na cinemática, extremamente algebrizada como pudemos perceber pela análise das tarefas.

As críticas de Menezes (1993) e Souza e Donangelo (2012) quanto à matematização precoce e exagerada da cinemática não se confirmaram através da análise das tarefas. Isto se entendermos a matematização da física e a construção de modelos, como defendemos para este termo. Contudo, se os autores supracitados utilizaram o termo matematizar com o significado de um algebrismo excessivo associado a muita manipulação matemática, podemos afirmar que suas críticas são muito pertinentes.

Não identificamos nenhuma atividade nas obras abordadas que promovesse a construção de um modelo algébrico, representativo de um fenômeno físico qualquer. O que nós detectamos nas tarefas de cinemática foi a aplicação de modelos prontos, simplificados e idealizados, de determinadas situações da natureza dos movimentos, repetidos a exaustão, com algoritmos de resolução de exercícios muito bem definidos.

Assim sendo, se a matematização no ensino de cinemática efetivamente ocorre no ensino médio, se dá em momentos distintos da resolução de tarefas, como verificado na leitura do texto do livro um e do projeto. Estes autores abordam sim a formalização de modelos enquanto desenvolvem o estudo da cinemática. Se partirmos da hipótese que uma das tarefas desejáveis para todo o aluno de física no ensino médio consiste na leitura do livro texto, podemos afirmar que haverá um contato deste aluno com a construção de modelos algébricos. O que não podemos afirmar é que haverá um entendimento por parte do aluno e o reconhecimento da importância desta construção para o estudo da ciência.

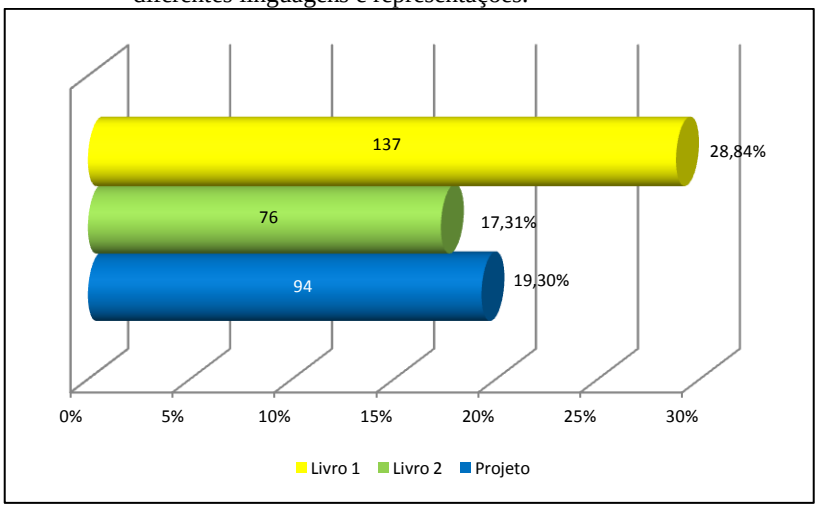
Analisando as tarefas, o que se percebeu foi a utilização excessiva e abundante de resoluções algébricas envolvendo modelos básicos e simplificados de movimento, algo bem diferente do processo de matematização da ciência como já abordado.

A construção de modelos matemáticos para a resolução de problemas pode ser abordada no estudo da cinemática, assim como em outras áreas da física. O estudo dos movimentos permite a criação de modelos matemáticos, como já discutido, ao invés da pura e simples aplicação de modelos já concebidos. Isto, no entanto, requer a criação de tarefas distintas daquelas presentes nos livros didáticos analisados. Como a construção desta tipologia de tarefas não é o objetivo desta

pesquisa, sugerimos este tema para pesquisadores que desejam efetivamente propor e desenvolver atividades que fomentem a formalização de modelos no ensino de física.

A categoria linguagens envolveu tarefas que estimulassem a leitura, articulação e interpretação em diferentes linguagens e representações tais como gráficos, tabelas, diagramas e esquemas. Segundo Brasil (1999, 2002, 2006) construir, ler e interpretar corretamente estas linguagens e representações, além de compreender que são diferentes formas de uma mesma relação, são habilidades que o ensino de física pode desenvolver. Os dados oriundos da análise desta categoria podem ser observados na figura 10.

Figura 10 – Tarefas que envolvem leitura, articulação e interpretação em diferentes linguagens e representações.



Fonte: dados da pesquisa

As três obras analisadas apresentaram um percentual razoável de tarefas abordando estas outras formas de linguagem e representação, com uma presença mais marcante no livro um, onde o percentual chegou a 28,84% do total. Os percentuais no livro dois e no projeto foram menores, porém próximos, chegando a 17,31% e 19,30% respectivamente.

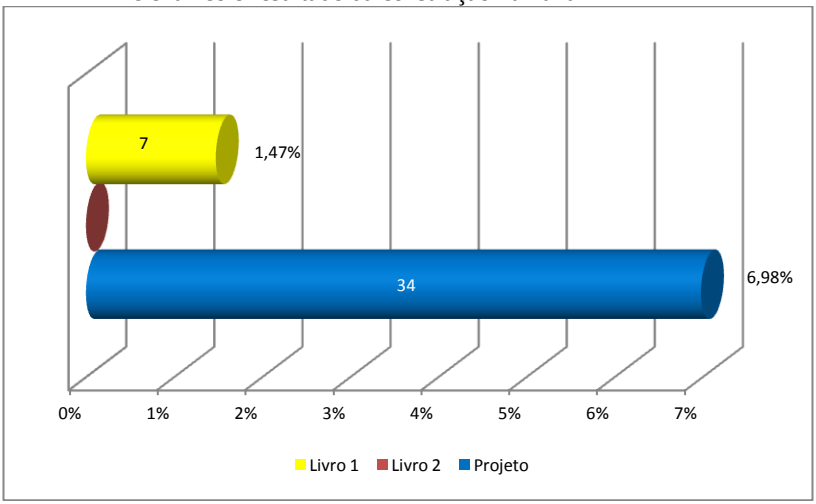
Tradicionalmente, a interpretação e construção de gráficos são abordadas no ensino de cinemática. Normalmente são estudados os

gráficos dos movimentos, principalmente aqueles associados às grandezas aceleração, velocidade e espaço variando com o tempo.

Com base nos dados obtidos neste levantamento podemos inferir que a habilidade de ler e interpretar corretamente linguagens e representações distintas da algébrica são bem representadas nas tarefas presentes nos livros estudados.

A categoria construção humana abordou tarefas com o potencial de auxiliar na compreensão de que o conhecimento científico é resultado da construção humana, inserida em um processo histórico e social. Sabemos que o estudo e a compreensão dos movimentos remontam à Grécia antiga, com várias hipóteses sendo construídas historicamente até o século XVII, culminando com a contribuição de Isaac Newton explicitando as causas dos movimentos.

Figura 11 – Tarefas que auxiliam na compreensão de que o conhecimento científico é resultado da construção humana



Fonte: dados da pesquisa

Mesmo o estudo da cinemática apresentando um grande potencial para abordar a construção histórica do conhecimento, contribuindo para uma visão de ciência não dogmatizada, concebida em um contexto histórico, econômico, cultural e social, a presença de tarefas que levassem o aluno a compreender tal concepção de ciência nas obras analisadas foi muito ínfimo, conforme visualizado na figura 11.

No livro um destacamos apenas 1,47% do total das tarefas com essa característica enquanto que no livro dois não encontramos nenhuma. No projeto encontramos 6,98%, um percentual bem mais expressivo mais ainda pequeno se comparado ao total das questões analisadas.

Com base nestes resultados podemos inferir que os autores do livro um e dois não levaram em consideração o aspecto histórico da construção do conhecimento quando elaboraram suas questões de cinemática. Talvez, em outras áreas da física, estes mesmos autores tenham tido esta preocupação.

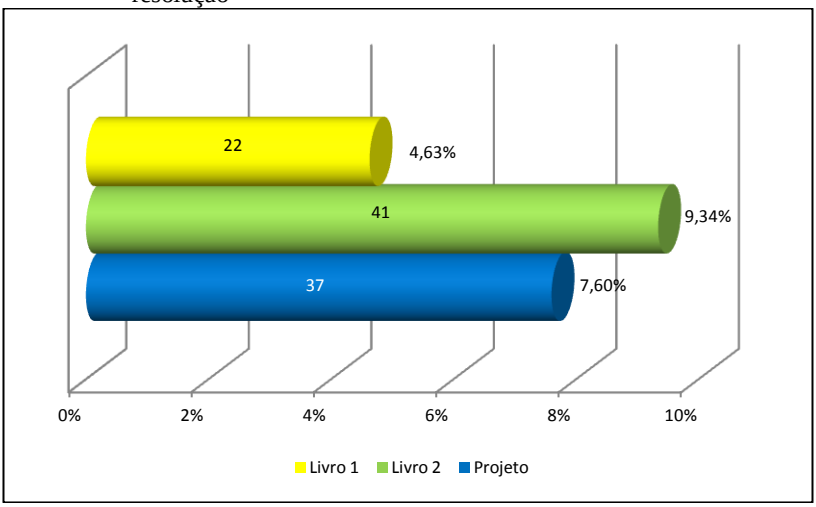
Diferente deles, os autores do projeto souberam explorar melhor este aspecto na elaboração das suas tarefas. Mesmo não sendo um percentual muito expressivo, percebe-se pelo menos a intenção de abordar estes aspectos no estudo do movimento.

A categoria cópia compreendeu tarefas cuja principal técnica consistia na leitura do texto do livro didático. Nenhuma espécie de cálculo ou interpretação de outras formas de linguagem ou representação era necessária. Geralmente as questões propostas pelos autores que se encaixavam nesta categoria envolviam a reprodução de uma definição, conceito, lei ou até a enumeração das características de determinado modelo. São exercícios que exigem do aluno identificar onde está a resposta no livro texto. Não necessitam de interpretação ou compreensão daquilo que está escrito por parte do aluno. Dessa forma, estas tarefas acrescentam muito pouco na compreensão da física

Na análise das tarefas, o livro um foi aquele que apresentou o menor percentual de questões nesta categoria com apenas 4,63%. Já o livro dois foi aquele que apresentou o maior percentual, com 9,34% das questões. O projeto foi intermediário com 7,60% das tarefas. Estes resultados podem ser observados na figura 12.

Na categoria interpretação foram agrupadas tarefas que exigiam além da leitura, a interpretação por parte do aluno. A simples leitura do texto não permitia que o aluno identificasse no corpo do texto a resposta da questão. Era necessário que o aluno interpretasse o texto e adquirisse um determinado entendimento sobre o fenômeno, conceito ou lei apresentada. Uma vez que o aluno houvesse compreendido o texto, era possível que este construísse a resposta.

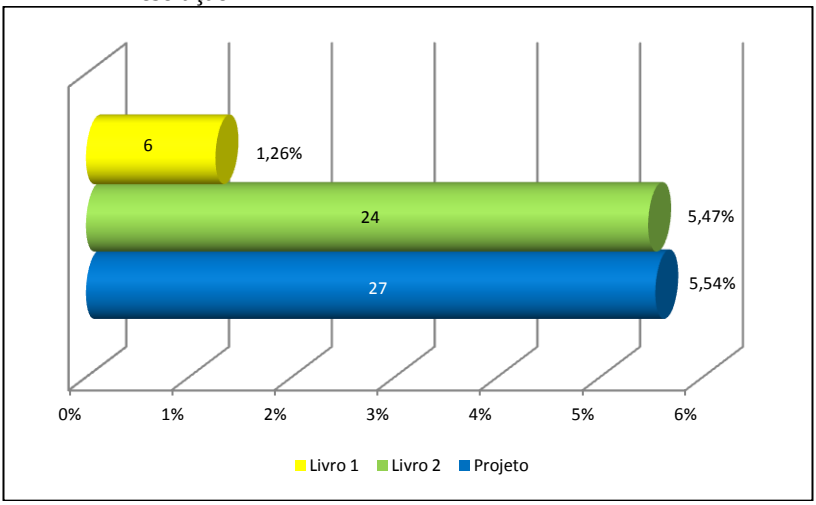
Figura 12 – Tarefas que necessitam apenas da leitura do livro texto para sua resolução



Fonte: dados da pesquisa

Os resultados da análise da categoria interpretação podem ser visualizados na figura 13.

Figura 13 – Tarefas que necessitam da leitura e interpretação do texto para sua resolução

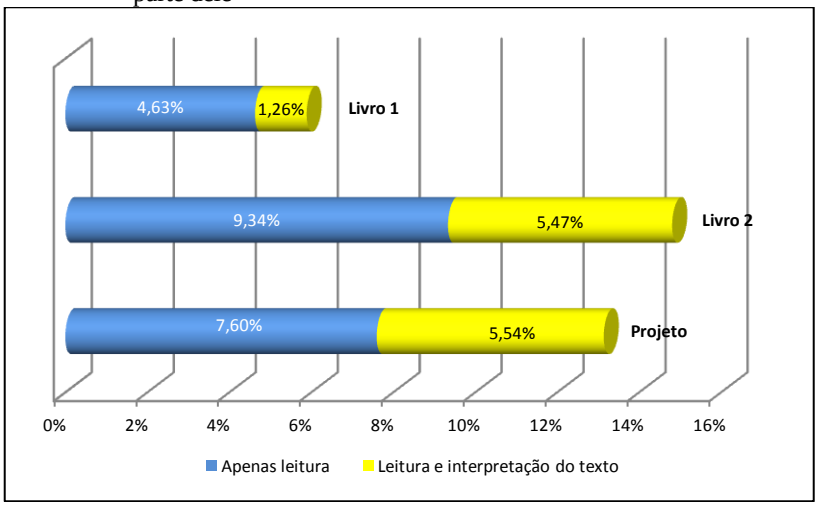


Fonte: dados da pesquisa

Na categoria interpretação, o livro um apresentou um percentual muito pequeno, com apenas 1,26% das tarefas. Enquanto isso, o livro dois e o projeto apresentaram percentuais muito parecidos, com 5,47% e 5,54% respectivamente.

Analisando as duas categorias anteriores em conjunto, conforme a figura 14, podemos perceber a importância que apenas a leitura e a leitura e interpretação de texto apresentam na construção das tarefas por parte dos autores.

Figura 14 – Tarefas que envolvem a construção ou reprodução de um texto ou parte dele



Fonte: dados da pesquisa

Na figura acima podemos perceber que os autores do livro um não apenas apresentaram poucas tarefas que necessitassem da construção ou reprodução de um texto, mas também priorizaram tarefas que exigiam apenas a leitura e reprodução de parte do livro sem a necessária compreensão ou entendimento dos fenômenos e conceitos envolvidos.

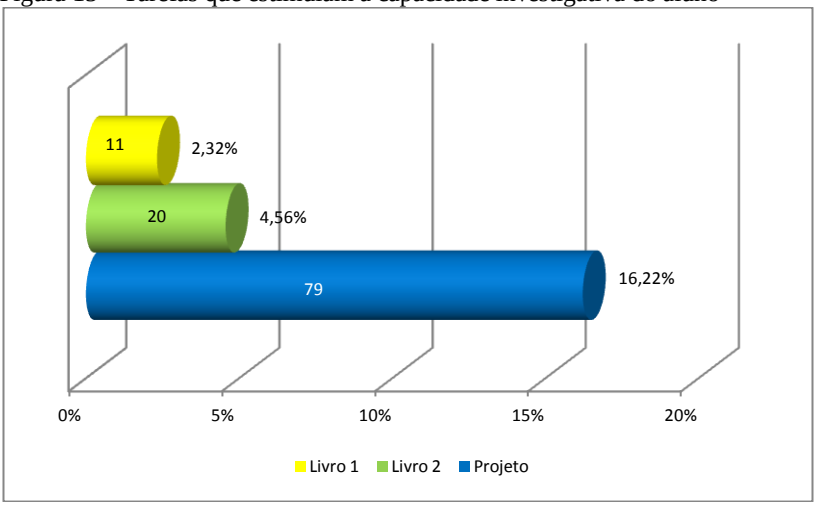
Já os autores do livro dois e do projeto apresentaram características muito semelhantes entre si. Ambos apresentaram mais tarefas que os autores do livro um e, embora as tarefas também tenham sido prioritariamente apenas de leitura e reprodução de parte do texto do livro didático, a diferença entre estas tarefas e aquelas que exigiam a

interpretação e o entendimento do aluno apresentaram uma diferença bem menor.

Os resultados da análise destas duas categorias indicam que os autores das obras, principalmente do livro dois e do projeto, nutrem certa preocupação para que o aluno domine os conceitos e definições das grandezas físicas básicas no estudo do movimento, bem como as características de cada um dos modelos explicitados ao longo dos capítulos. Um ponto favorável para os autores das questões do projeto reside no fato deles solicitarem ao aluno que responda alguns questionamentos com suas próprias palavras e não se limite apenas a copiar algumas frases do livro texto. Dessa forma é possível verificar se houve uma compreensão ou uma memorização do conceito abordado. Esta solicitação não foi percebida nas tarefas dos livros um e dois.

A última categoria analisada foi a categoria espírito investigativo. Nesta categoria estão agrupadas as tarefas com potencial para despertar a capacidade investigativa do aluno, resgatar o espírito questionador e o desejo de conhecer o mundo que se habita. Segundo Brasil (2002, 2006) o ensino de física precisa avançar neste sentido. Nossa expectativa, baseada na tradição do ensino de cinemática, era de encontrar um percentual muito baixo ou nulo neste quesito.

Figura 15 – Tarefas que estimulam a capacidade investigativa do aluno



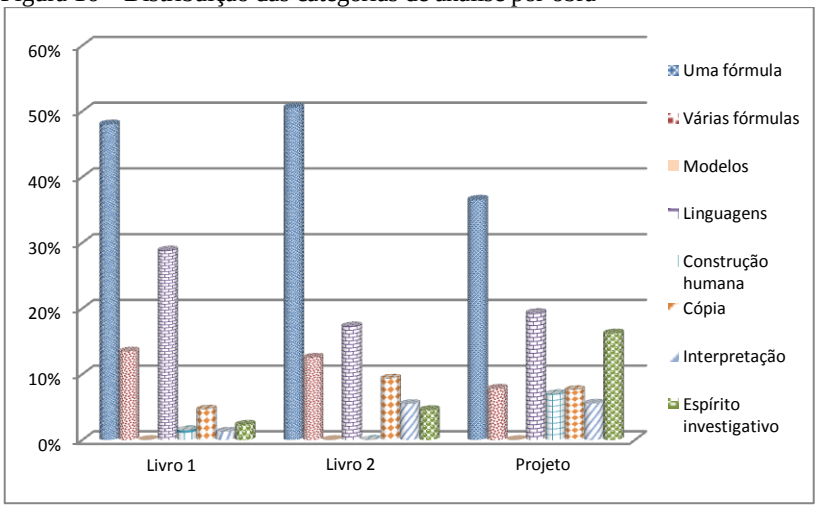
Fonte: dados da pesquisa

Surpreendentemente, o projeto apresentou 16,22% das tarefas com este potencial, contra 2,32% do livro um e 4,56% do livro dois. Na figura 15 é possível perceber este contraste.

Este percentual apresentado pelas tarefas propostas pelos autores do projeto mostra uma clara preocupação deles no desenvolvimento da curiosidade e do espírito investigativo do aluno já no estudo dos movimentos. A proposição de questões que aguçam a curiosidade do aluno, que não podem ser simplesmente respondidas através da consulta do livro texto ou da aplicação de um algoritmo exaustivamente memorizado, apresenta um percentual respeitável no conjunto de tarefas desta obra, tornando-a diferente das outras duas.

Na sequência apresentamos a figura 16 contendo os dados percentuais de todas as categorias distribuídas nas três obras analisadas.

Figura 16 – Distribuição das categorias de análise por obra



Fonte: dados da pesquisa

Em síntese, podemos perceber que cada uma das três obras analisadas apresentaram certas peculiaridades. Existem mais semelhanças entre as duas primeiras que a terceira com qualquer das outras duas. Isto de certa forma era esperado uma vez que as duas primeiras obras são atuais, foram aprovadas no Guia do Livro Didático – 2012 e desde então, são utilizadas em escolas públicas do país, ou seja, são obras que foram concebidas dentre de uma mesma realidade

histórica, econômica e cultural. Apenas para constar, estas mesmas duas obras também constam do Guia do Livro Didático – 2015.

O projeto, o mais distinto deles na análise das tarefas, é o livro texto do projeto Harvard, originário dos anos 70, concebido para a educação dos jovens norte-americanos na fase escolar que antecede o ensino superior, ou seja, em um contexto com aspectos muito diferentes dos dois primeiros.

Uma distinção entre os livros um e dois que não apareceu na tabulação dos dados mas foi percebida no momento em que procedíamos à análise de cada problema e exercício, tem relação com a fonte destes problemas e exercícios. Percebemos que os autores do livro um utilizaram muito mais questões de vestibulares, tanto nos exercícios resolvidos quanto nos propostos, se comparado aos autores do livro dois. Este fato provavelmente influenciou na divisão das tarefas nas categorias criadas.

Isto não quer dizer que a influência dos concursos vestibulares não esteja presente no livro dois. Não podemos refutar e muitos menos confirmar a influência destes concursos na construção das questões pelos autores deste livro.

Podemos perceber que no livro um mais de 90% das tarefas apresentadas visavam dois focos apenas: a manipulação matemática e a utilização de outras linguagens e representações. Por outro lado, as tarefas que exigiam a leitura e interpretação do texto estavam fracamente representadas. Já no livro dois, a principal diferença nas tarefas, se comparadas ao livro um, foi uma diminuição no percentual de questões que abordavam outras linguagens e representações e um aumento das questões que exigiam a leitura e interpretação de um texto.

A análise destes dois livros permitiu compreender como ocorre o ensino de cinemática do ponto de vista das tarefas e técnicas empregadas para resolver os exercícios e problemas. A conclusão que chegamos é que, sob este enfoque, o ensino de cinemática se dá principalmente pela algebrização e, em menor intensidade, pela abordagem de outras linguagens e representações. Questões que possibilitem o desenvolvimento de outras habilidades e competências, quando surgem, são em um número bastante reduzido.

Entendemos que a algebrização na cinemática tem sua importância e merece ser tratada adequadamente. Contudo, nas tarefas que analisamos encontramos um forte agravante. Nos dois livros didáticos brasileiros estudados, praticamente metade das tarefas de cinemática eram restritas a questões algébricas cuja resolução

necessitava apenas de uma única fórmula conhecida e dos dados do enunciado. São questões que exigiam a resolução de uma regra de três, equação de primeiro grau ou segundo grau, ou seja, uma simples manipulação matemática.

Tradicionalmente, a grande maioria dos alunos aprende a resolver regras de três, equações do primeiro grau e até sistemas de equações do primeiro grau no ensino fundamental na disciplina de matemática. Para resolver uma equação não é necessário o entendimento sobre o que significa o *x* ou o *y* na equação. São variáveis e podem assumir o papel de qualquer grandeza que possa ser quantificada. Sabendo *x* eu encontro o *y* e vice-versa. Será que o aluno de física não tem esse mesmo entendimento em relação ao *v*, *t*, *S*, *a* e outras variáveis comuns na cinemática? Se eu tenho uma equação contendo *v* e *t*, sabendo *t* eu acho *v* e vice-versa.

O que queremos com isso é chamar a atenção ao fato de que as tarefas eminentemente algébricas presentes nos livros didáticos estão repletas de conteúdo físico que pode passar despercebido, ou simplesmente pode ser ignorado, por não ser importante na resolução da questão. Se o aluno não souber a diferença entre velocidade média e instantânea, ou entre deslocamento e distância percorrida, ou entre corpo extenso e ponto material, é bem provável que ele continue tendo êxito na resolução de quase metade das questões de cinemática analisadas.

Se o foco principal do ensino de cinemática está na resolução desta tipologia de tarefa, podemos afirmar com bastante segurança que estamos ensinando os alunos a resolver problemas algébricos mas não podemos ter esta mesma segurança ao afirmar que ensinamos física. Se isto de fato se concretiza na sala de aula somos obrigados a concordar com a afirmação de Menezes (1993) de que se deixarmos de abordar a cinemática no ensino médio, sobrara mais tempo para ensinar alguma física.

A análise do projeto, o livro texto do projeto Harvard, nosso saber de referência, nos trouxe uma surpresa. O foco principal dos autores também reside na resolução de tarefas algébricas, porém em uma porcentagem muito menor que os livros didáticos brasileiros. Dessa forma, segundo a análise das tarefas, os autores souberam explorar outras habilidades desejáveis em um aluno do ensino médio.

Lembramos que não defendemos o projeto Harvard como uma metodologia de ensino e muito menos intencionamos que seu livro texto passe a ser adotado nas escolas brasileiras. Adotamos este livro

como nosso referencial de análise porque acreditamos que a abordagem que ele faz da cinemática é muito mais rica e possibilita o desenvolvimento de habilidades e competências que julgamos importantes para o aluno de física. A análise dos exercícios e problemas a luz da TAD confirmou nossa hipótese.

Além da resolução algébrica de exercícios e problemas e do desenvolvimento de outras formas de linguagem e representação, as tarefas do projeto também apresentaram potencial para compreender que o conhecimento científico é resultado da construção humana, inserida num processo histórico e social, fato irrelevante ou ausente nas questões dos livros didáticos brasileiros analisados.

Da mesma forma, o estimulo a formação do espírito investigativo do aluno também foi abordado em um número significativo de tarefas. Somente estas duas últimas habilidades, desejáveis a um aluno de ensino médio, correspondem praticamente à quarta parte das tarefas presentes no projeto, ou seja, existe uma riqueza de tipologias de tarefa presentes no livro texto do projeto Harvard que seria muito bem vinda nos livros didáticos de física brasileiros.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das tarefas presentes nos exercícios e problemas dos livros didáticos de física, bem como das técnicas utilizadas na sua resolução, permitiu-nos uma compreensão de como está estruturado o ensino de cinemática sobre este enfoque.

A luz da TAD, podemos inferir que o ensino de cinemática está estruturado em torno de duas habilidades principais. A primeira habilidade envolve a capacidade do aluno de resolver problemas eminentemente algébricos enquanto que a segunda envolve a compreensão de outras linguagens e representações distintas da algébrica.

O desenvolvimento da capacidade de resolver problemas algébricos é fortemente incentivado nos dois livros didáticos brasileiros analisados. Julgamos necessário que o aluno desenvolva esta capacidade uma vez que ela é importante no estudo das ciências e não apenas na física. No entanto, o ensino de cinemática trata o desenvolvimento desta habilidade com tal intensidade a ponto de prejudicar e negligenciar o desenvolvimento de outras.

Se ao menos a resolução exaustiva de exercícios e problemas algébricos assegurasse o aprendizado da física, ainda veríamos uma certa vantagem. Como foi amplamente discutido, em média metade das tarefas de cinemática presentes nos livros didáticos brasileiros analisados, não necessitavam que o aluno compreendesse os conceitos, as leis, os modelos empregados e o fenômeno estudado em si para obter êxito na resolução destas tarefas. Isto significa que, ao conhecimento físico, foi relegado um papel secundário. Apenas um percentual inferior a 15% do total das tarefas exigiam um conhecimento mínimo de física para a sua resolução.

Dessa forma, estamos incentivando e fortalecendo a memorização de algoritmos de resolução de exercícios e esquecendo de vincular esta resolução ao conhecimento físico propriamente dito, de tal maneira que um aluno não possa resolver a questão apenas retirando as informações do problema e substituindo em uma única fórmula previamente fornecida ou esquematizando uma simples regra de três, algo que ele provavelmente já exercitou muito nas aulas de matemática do ensino fundamental.

Com isso não intencionamos afirmar que a memorização de algoritmos de resolução de exercícios não seja importante. Estes algoritmos são muito importantes quando o aluno se deparar com um

problema. Contudo, as tarefas de cinemática não deveriam se ater preferencialmente ou com tanta intensidade a esta única habilidade.

Não seria uma surpresa se, com esta estruturação das tarefas, um aluno bom resolvedor de exercícios, não saiba o porquê da utilização de uma fórmula, ou quais são as condições de contorno da situação que permitem usar um modelo ou outro, ou simplesmente não consiga olhar para um fenômeno real e modelá-lo de tal forma que possa ser abordado a luz dos conhecimentos físicos estudados na cinemática. Da maneira como está, saber resolver um problema ou exercício de física não implica necessariamente em saber física.

A segunda habilidade, desenvolvida através das tarefas dos livros didáticos analisados, envolve a compreensão de outras linguagens e representações e a sua relação com a linguagem algébrica. Esta habilidade, desejada para um aluno de física, segundo Brasil (1999, 2002), é bastante contemplada nos exercícios e problemas analisados numa proporção suficiente, segundo nosso julgamento. A cinemática, através do estudo dos modelos de movimento, permite que esta habilidade seja bastante estimulada. Entendemos que não faríamos justiça ao tecer uma crítica em relação à presença desta tipologia de tarefa, na proporção em que esta se apresentou na nossa análise.

Nossa crítica vai para a ausência ou presença ínfima de tipologias de tarefas que permitem desenvolver outras habilidades durante o ensino de cinemática.

Uma destas habilidades, como já discutido anteriormente, auxilia o aluno a compreender que o conhecimento científico é resultado da construção humana, inserida em um contexto histórico e social. O estudo dos movimentos, iniciando com os gregos antigos, tem um grande potencial de produzir tarefas e praxeologias que permitam ao aluno compreender a evolução histórica do conhecimento, que este geralmente não é fruto de uma única mente brilhante mas um trabalho coletivo, que este usualmente surge na tentativa de responder uma pergunta ou atender uma necessidade e que este não é dogmático e imutável.

Da mesma forma, estimular a formação do espírito investigativo do aluno também pode ser desenvolvido no estudo da cinemática. Algumas áreas da física apresentam um potencial maior para despertar a curiosidade do aluno e fazer com que este busque saber mais sobre determinado fenômeno ou situação. Tradicionalmente, conforme a análise dos livros didáticos brasileiros que fizemos, a cinemática não é uma destas, o que não nega o seu potencial na criação

de praxeologias que vão de encontro com o desenvolvimento desta habilidade.

A matematização da física, entendida nesta pesquisa como a formalização de modelos, não foi detectada em nenhuma das tarefas analisadas nas três obras. Como visto, isto não significa que os autores não a tenham abordado no texto do livro didático, como foi o caso de duas obras analisadas.

O fato de alguns autores terem abordado a matematização da física no livro didático mas não na construção de praxeologias, permite que levantemos algumas hipóteses. O fato da formalização de modelos estar presente no livro, mostra que ela apresenta certa importância para estes autores. Do contrário, eles apresentariam apenas as fórmulas já deduzidas e os algoritmos de resolução de exercícios.

Ao mesmo tempo, a ausência de tarefas que levem o aluno a formalizar modelos de movimento nos leva a julgar que isto talvez não seja importante para um aluno que está iniciando no ensino médio. Talvez pela maturidade que este aluno tipicamente apresenta, pelo grau de abstração necessário ou até pelo conhecimento matemático requerido para proceder à construção de um modelo matemático, os autores optaram por não apresentar tarefas neste sentido. De qualquer maneira, levantamos apenas algumas hipóteses envolvendo a formalização de modelos na cinemática. Faz-se necessário uma pesquisa mais profunda para determinar as reais causas desta ausência, o que não é objetivo desta pesquisa.

A critica de Menezes (1993) e Souza e Donangelo (2012) quanto à matematização precoce e exagerada da cinemática só podem ser confirmadas se estes autores entendem a matematização da cinemática como a resolução de problemas e exercícios eminentemente algébricos. Se este for o caso, nossa pesquisa mostra que ambos estão corretos.

Além disso, podemos concluir também que as praxeologias analisadas não abrangem 100% do conteúdo abordado nos livros didáticos. A análise do texto do livro didático também se faz importante. Determinadas situações são abordadas no texto mas não são contempladas nos exercícios e problemas. Assim sendo, uma tarefa implícita para um estudante de física consiste na leitura do livro texto. Leitura esta que, se acompanhada de um entendimento por parte do aluno, pode fomentar algumas competências e habilidades que se mostraram ausentes ou pouco representadas nas questões contidas nos livros.

A prova de que o desenvolvimento de praxeologias que tem potencialmente a capacidade de fomentar as habilidades anteriormente citadas é possível, está nos exercícios e problemas do livro texto do projeto Harvard. Este livro apresenta uma riqueza na tipologia das tarefas que não é perceptível nos livros didáticos brasileiros. Além da riqueza praxeológica, a estruturação do texto do livro didático contempla uma série de pressupostos que julgamos importantes para um curso de cinemática como, por exemplo, compreender a evolução da ciência e do pensamento científico, a ruptura com o pensamento aristotélico, a transformação de uma descrição discursiva por uma mais apurada dos movimentos, a criação e a utilização de uma linguagem algébrica se sobrepondo à geométrica e a possibilidade de desvendar as leis através da descrição matemática do movimento são apenas alguns exemplos que encontramos neste texto. Fica mais uma vez clara a importância deste material como saber de referência na análise dos livros didáticos brasileiros.

Conforme já discutimos anteriormente, uma redução significativa na quantidade de problemas e exercícios algébricos básicos nos livros didáticos brasileiros abriria espaço para o desenvolvimento de outras tarefas que envolvessem praxeologias que fomentariam o desenvolvimento de várias outras habilidades, por nós entendidas como desejáveis no ensino de física e de cinemática.

Como sugestão para trabalhos futuros podemos apresentar dois temas que emergiram dos resultados de nossa pesquisa. Um deles envolve a formalização de modelos na ciência. Segundo nossa análise, não foi detectada nos livros estudados, nenhuma tarefa que estimulasse a habilidade de modelizar os fenômenos. Percebemos claramente atividades que visavam exercitar a utilização de modelos, mas não a construção deles. Permanece então, como sugestão, um estudo que envolva a matematização na física do ensino médio, se é viável, quais as possibilidades, limitações, vantagens e desvantagens.

Outra sugestão de pesquisa aborda a construção de praxeologias que envolvam tarefas na cinemática com a capacidade de promover as habilidades anteriormente defendidas. Esta pesquisa não necessitaria começar da estaca zero uma vez que tem no livro texto do projeto Harvard alguns exemplares destas tarefas. Contudo, é necessário avançar.

Da forma como está estruturado o ensino de cinemática, segundo a nossa análise, despendemos muito tempo no treino e na memorização de técnicas de resolução de exercícios que não asseguram

o entendimento da física. Este panorama precisa mudar. Mostramos que a cinemática apresenta um grande potencial no desenvolvimento de várias das habilidades desejadas a um estudante de ciências. Só precisamos melhorar e incrementar o repertório de praxeologias neste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES FILHO, J. P; PIETROCOLA, M., & PINHEIRO, T. de F. A eletrostática como exemplo de transposição didática. In: Mauricio Pietrocola. (Org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora.** Florianópolis: UFSC, p.77-99, 2001.

BRASIL. **Guia de livros didáticos - PNLD 2012: Física**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2011.

_____. **LDB - Lei n. 9394/96**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília: MEC, 1996.

_____. **Orientações curriculares para o ensino médio.** Volume 2: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

_____. **PCN+ Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.** Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica, 2002.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.** Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica, 1999.

CARVALHO, Cláudia Cristina Soares de. **Uma análise praxeológica das tarefas de prova e demonstração em tópicos de álgebra abordados no primeiro ano do Ensino Médio.** 2007. 164 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.

CHEVALLARD, Yves. El análisis de las prácticas docentes em La teoria antropológica de lo didáctico. **Recherches em Didactique des Mathématiques**, Vol. 19, n^{o} 2, p. 221-266, 1999.

_____. **Improvisaciones cruzadas sobre lo didáctico, lo antropológico y el oficio de investigador em TAD,** 2011. Disponível

em: <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/index.php> Acesso em: 20 mar. 2013.

CHEVALLARD, Yves. **La théorie anthropologique dês faits didactiques devant l'enseignement de l'altérité culturelle et linguistique: Le point de vue d'um *outsider***, 2006. Disponível em: <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/index.php> Acesso em: 20 fev. 2013.

_____. **La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné.** 2. ed. Grenoble: La pensée Sauvage, 1991.

_____. **Le sujet apprenant entre espace et dispositif. Commentaires depuis la théorie anthropologique du didactique,** 2010. Disponível em: <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/index.php> Acesso em: 20 fev. 2013.

_____. **Le développement actuel de la TAD: pistes et jalons,** 2007a. Disponível em: <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/index.php> Acesso em: 20 mar. 2013.

_____. **Passé et présent de la théorie anthropologique du didactique**, 2007b. Disponível em: <http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/index.php> Acesso em: 26 fev. 2013.

COHEN, Bernard I. **The Newtonian revolution.** New York: Cambridge University Press, 1980.

DE SOUZA CRUZ, F.F. **Referencial de Análise.** Florianópolis, 4 p., Trabalho não publicado, 2014.

ECHEVERRÍA, M.P.P. e POZO, J.I. Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. In: POZO, J.I. (Org.). **A solução de problemas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

FUKE, Luiz Felipe e YAMAMOTO, Kazuhito. **Física para o ensino médio.** São Paulo: Ed. Saraiva, 2010.

GASPAR, Alberto. O "R" de retilíneo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.11, n.1, p.7-10, abr. 1994.

GARCIA, Alessandro Aparecido Lopes e LEITE, Cristina. Os livros didáticos aprovados no PNLEM: um olhar a partir dos exercícios de mecânica. In: SEMINÁRIO ENSINAR COM PESQUISA DA LICENCIATURA, V, 2012, São Paulo. **Atas do V Seminário Ensinar com Pesquisa da Licenciatura.** São Paulo: IFUSP, 2012.

GUIDUGLI, Silvia; GAUNA, Cecilia Fernandes; BENEGAS, Julio. Aprendizaje activo de La cinemática lineal y su representación gráfica en La escuela secundaria. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 22, n. 3, p. 463-472, 2004.

KURNAZ, Mehmet Altan, SAGLAN ARSLAN, Aysegül. Using the Anthropological Theory of Didactics in Physics: Characterization of the Teaching Conditions of Energy Concept and the Personal Relations of freshmen to this Concept. **Journal of Turkish Science Education**, v. 6, n. 1, abr. 2009.

HOLTON, Gerald. RUTHERFORD, F. James. WATSON, Fletcher G. **Harvard Project Physics,** 1981.

MACHADO, R.C.G. **Uma análise dos exames de admissão ao secundário (1930-1970): subsídios para a História da Educação Matemática no Brasil**. 2002. 172 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). Pontíficia Universidade Católica, São Paulo, 2002.

MATTHEWS, Michael R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.12, n.3, p.164-214, dez. 1995.

MENEZES, Luiz Carlos de. Tempo de avaliação. In: X SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 1993, Londrina. **Atas do X Simpósio Nacional de Ensino de Física.** Londrina: Sociedade Brasileira de Física, 1993.

NAGAMINE, C.M.L.; HENRIQUES, A.; UTSUMI, M.C.; CARORIA, I.M. Análise Praxeológica dos Passeios Aleatórios da Mônica. **Bolema: Boletim de Educação Matemática.** Rio Claro, v.24, n.39, p.451-472, ago. 2011.

NICIOLI JUNIOR, R. B. e MATTOS, C.R. A disciplina Física no ensino secundário entre os anos de 1810 e 1930. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA, VI, 2007, Florianópolis. **Anais do VI ENPEC**. Florianópolis: ENPEC, 2007.

_____. As diferentes abordagens do conteúdo de Cinemática nos livros didácticos do ensino de Ciências brasileiro (1810 – 1930). **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 1, 2008.

_____. Uma análise de livros didáticos de Física das décadas de 50 e 60. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, X, 2006, Londrina. **Anais do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Londrina: EPEF, 2006.

_____. Uma análise de livros didáticos de Física do início do século XX. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA, V, 2005, Baurú. **Anais do V ENPEC**. Baurú: ENPEC, 2005.

OLIVEIRA, Bernardo Jefferson de, FREIRE JUNIOR, Olival. Uma conversa com Gerald Holton. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.23, n.3, p.315-328, dez. 2006.

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

PENA, Fábio Luís Alves. Sobre a presença do Projeto *Harvard* no sistema educacional brasileiro. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.34, n.1, 1701, 2012.

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

PIETROCOLA, Maurício et al. **Física em contextos: pessoal, social e histórico.** São Paulo: FTD, 2010.

SILVA, José Valério Gomes da. Uma análise praxeológica preliminar em livros didáticos de matemática. In: ENCONTRO PARAIBANO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, VI, 2010, Monteiro. **Anais do VI EPBEM**. Monteiro: EPBEM, 2010.

SOUZA, P.V.S; DONANGELO, R. Velocidades média e instantânea no Ensino Médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, 2012.

TRIVIÑOS, A.N.S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo: Editora Atlas, 2012.

VARGAS, Milton. História da matematização da natureza. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.10, n.28, p.249-276, set/dec. 1996.