



Revista Portuguesa de Educação

ISSN: 0871-9187

rpe@ie.uminho.pt

Universidade do Minho
Portugal

Caldas, Helena; Saltiel, Edith
Uma metodologia de análise de textos escolares: um exemplo com conteúdo de Física
Revista Portuguesa de Educação, vol. 14, núm. 1, 2001, pp. 215-237
Universidade do Minho
Braga, Portugal

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37414110>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Uma metodologia de análise de textos escolares: um exemplo com conteúdo de Física

Helena Caldas

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Edith Saltiel

Université Denis Diderot — Paris VII, França

Resumo

Este trabalho apresenta e descreve uma metodologia de análise de textos didáticos, tendo como ponto de partida os resultados de investigações sobre as tendências do conhecimento de senso comum dos estudantes sobre determinado conteúdo. As conseqüências de tal metodologia serão evocadas, tanto ao nível da investigação quanto ao nível pedagógico, utilizando o exemplo de um conteúdo de Física, especificamente aquele que se refere ao fenômeno do atrito cinético entre sólidos abordado por livros utilizados no ensino superior.

I. Introdução

Nas últimas décadas surgiram inúmeros trabalhos na área de investigação em Ensino de Ciências, em geral, e de Ensino de Física, em particular, preocupados com as idéias dos alunos apreendidas no quotidiano escolar e extra-escolar e a sua interação com os diversos conceitos científicos estudados no ensino formal.

Neste contexto, tendo como ponto de partida as tendências do conhecimento de senso comum dos estudantes sobre determinado conteúdo, este trabalho tem os seguintes objetivos:

- proposição de uma metodologia de análise de textos escolares;
- exemplificar a aplicação prática do processo metodológico proposto e as suas implicações pedagógicas, analisando um conteúdo específico de Física abordado em diversos manuais escolares.

O estudo se insere, pois, numa perspectiva metodológica de análise crítica de textos didáticos, que leve fundamentalmente em conta o ponto de vista "daquele que aprende" e não o ponto de vista "daquele que já sabe".

Desta forma, busca-se conhecer em que medida o que é abordado e a maneira como é tratado o conteúdo, neste caso, de Física, contribui para que as concepções do "aprendiz" evoluam para um modelo mais próximo do científico, permitindo que elas sejam, no mínimo, colocadas em questão.

Como exemplo da aplicação desta metodologia, abordaremos o conteúdo do atrito cinético entre sólidos e sem adição de fluido em 7 livros utilizados no ciclo básico do Ensino Superior Brasileiro (referências bibliográficas em *Anexo*). À exceção do Nussenzveig (1987), autor brasileiro, os restantes são traduções de livros de língua inglesa, internacionalmente conhecidos e utilizados, no mínimo, como livros de referência ou de consulta no ensino universitário em geral.

II. Fundamentação teórica

Parece quase banal dizer que aqueles que aprendem, os "aprendizes", possuem já, antes de qualquer aprendizagem, conhecimentos prévios que provêm tanto das suas experiências quotidianas, como do seu passado escolar ou extra-escolar. Piaget (1941) e Bachelard (1938) foram os primeiros a introduzir esta idéia, embora com abordagens diferentes: o primeiro focalizando-se nas estruturas lógico-matemáticas, pouco dependentes, segundo ele, dos conceitos específicos de uma dada disciplina e o segundo, definindo o que ele chamou de conhecimento comum, conhecimento este mais específico de uma dada disciplina.

Com efeito, o aluno não pode mais ser considerado como um receptáculo no qual se deposita ou se verte o conhecimento. Do mesmo modo, um curso bem construído e bem estruturado não pode mais ser considerado uma garantia suficiente para que os conhecimentos adquiridos

por aquele que aprende sejam, também, bem construídos e bem estruturados.

Na literatura da área, especificamente naquela que trataremos aqui, a de Ensino de Física, as idéias dos alunos são descritas sob diferentes denominações que, evoluindo ao longo dos anos, tentam 'traduzir' as tendências majoritárias manifestadas por uma dada população em determinadas situações físicas e que não correspondem ao modelo cientificamente aceito. Não querendo entrar no âmbito da discussão de termos e seguindo a linha de Viennot (1996), quando nos referirmos a estas idéias adotaremos os termos "concepções" ou "concepções de senso comum" e "modos de raciocínio" baseados no senso comum, que fazem parte do chamado "conhecimento de senso comum".

Atualmente, as concepções continuam sendo objeto de estudo e não existe, ainda, um consenso entre os investigadores sobre as fontes que lhes dão origem, o que gera diversas discussões e proposições teóricas sobre o tema.

Assim, a julgar pelo debate sempre vigoroso entre os diversos investigadores sobre o que convém considerar entre os diferentes fatores possíveis que estariam na origem da concepções, podemos dizer que, *a priori*, as fontes que as originam são múltiplas. Entre estes diferentes fatores, são evocados, por exemplo (Joshua & Duppin, 1989):

- o contexto social, com os seus preconceitos e concepções partilhados em comum e bastante ancorados (Giordan *et alii*, 1983);
- a divulgação científica, com as suas informações redutoras e deformações inevitáveis (Roqueplo, 1974);
- as concepções epistemológicas quanto à maneira como as ciências produzem os seus enunciados, que viriam fazer obstáculo a uma apreensão correta do funcionamento destes (Larochelle & Désautels, 1991);
- as estruturas da "personalidade afetiva", abordagem de cunho mais psicanalítico, que vincula os efeitos produzidos pelo investimento pessoal no problema científico considerado (Hewson & Hamlyn, 1983), ou na mesma linha de abordagem, a influência do imaginário na produção dos significados (Nimier, 1983);

- seguindo a linha de Bachelard (1938), é a existência dos modos de raciocínio não científicos e constituídos em "obstáculos epistemológicos" que é colocada em causa num sem número de trabalhos e evocada sob nomes variados: animismo, antropomorfismo, substancialismo, obstáculo verbal, artificialismo, etc.
- na tradição piagetiana, são também evocados os efeitos de características particulares do pensamento infantil, em particular, aquelas ligadas ao dualismo (por exemplo, a não distinção entre o sujeito e o mundo).

Fazendo a transição com a psicologia cognitiva, mas ainda apoiando-se em Piaget, uma importante corrente de investigação descreve como os modos de raciocínio mais difundidos têm as suas raízes nas relações (reais ou pensadas) do sujeito com o objeto (Ogborn, 1985; Mariani & Ogborn, 1991; Guidoni, 1985; Resnick, 1988); destas relações sairiam as categorias ontológicas fundamentais: a causalidade, a noção de objeto, de espaço e de tempo. Este "espaço ontológico" básico permitiria dar conta, segundo os autores, da maneira como os sujeitos abordam numerosos conceitos científicos e constituiria o alicerce a partir do qual desenvolver-se-iam, por "analogias", os "esquemas cognitivos" adaptados ao conjunto dos domínios científicos. Nesta descrição, os "esquemas cognitivos" assim construídos explicariam ou determinariam, pelo menos em parte, as diversas origens atribuídas às concepções.

De um ponto de vista mais pragmático e genérico, segundo Strauss (1981):

"... much of our common-sense knowledge is spontaneous and universal (i.e. acquired by individuals without formal instruction)";

ou, segundo Osborne e Wittrock (1983),

"... students 'invent a model or explanation' which serves to organize the information obtained from an experiment or demonstration".

Apesar dos diferentes pontos de vista e abordagens sobre as origens das concepções, existe, entretanto, um consenso entre a comunidade científica da área de Ensino, quanto ao fato de que estas são fortemente influenciadas pelo contexto do problema, sendo bastante estáveis e resistentes às mudanças.

Por outro lado, ainda que os conceitos científicos possam parecer mais lógicos, abrangentes e contradizendo as concepções, os investigadores também estão de acordo que estas características não parecem fornecer razões suficientes para que ocorram mudanças ou evoluções conceituais importantes nos estudantes, em prol dos conceitos científicos.

Como consequência dessas dificuldades, surgiram inúmeros métodos, teorias, modelos e práticas de ensino, numa tentativa de promover o ensino formal numa perspectiva que facilite a mudança e a evolução conceituais.

Assim, a título de exemplo, Posner, Strike, Hewson e Gertzog (1982), propuseram uma teoria de mudança conceitual que enfatiza a criação do descontentamento nos estudantes pelas concepções atuais neles presentes e, utilizando esse descontentamento, um novo conceito seria apresentado com as características de ser inteligível, plausível e sugerir a possibilidade de um programa de pesquisa futura.

Porém, a dificuldade de se elaborar uma teoria de mudança conceitual abrangente é obviamente muito grande, fato sentido por Kenneth, Strike e Posner (1992) que, uma década depois, fizeram uma revisão da teoria inicialmente proposta com o objetivo de complementá-la e concluíram que esta teoria não era fechada, necessitando ainda de um aprofundamento e estudos maiores.

Entretanto, essa revisão teórica permitiu colocar em evidência uma importante consequência para a prática pedagógica, em termos de mudança ou evolução conceituais: a necessidade de investigação das diversas fontes que originam as concepções, antes da instrução em sala de aula.

Uma outra perspectiva com implicações pedagógicas foi sugerida por Solomom (1980), nos seus trabalhos em Ensino de Física:

"Perhaps, it is not so much a question of devising ways of obliterating alternative conceptualizations in our students (indeed, this would almost certainly be impossible) but of encouraging the use of more scientifically-accepted ways of thinking in contexts which are more 'scientific'".

Desta maneira, as novas concepções seriam aprendidas, convivendo com as velhas concepções e podendo ser usadas mais adequadamente, dependendo da situação, contexto ou aprofundamento da discussão.

Seja qual for a perspectiva, os diversos estudos sugerem que as concepções de senso comum constituem as bases necessárias para

interpretação e descrição do mundo à nossa volta. Estas seriam adquiridas e/ou modificadas durante a vida, seja por meios formais de ensino ou por experiências vividas no dia a dia. Isto constituiria "o aprender".

Neste contexto geral, diversos trabalhos sobre análise de conteúdo de manuais escolares, embora utilizando diferentes metodologias ou perseguindo diferentes objetivos, mostram direta ou indiretamente a importância destes no quotidiano da prática de ensino (Cárcer I. A., 1993; Brincones I. & Otero J., 1994; Thiele R. B. & Treagust D. F., 1995; Caldas H., 1999; Concarí S. B., Pozzo R. L. & Giorgi S. M., 1999; Duarte M. C., 1999; Islas S. M. & Guridi V. M., 1999; MEC, 1999; Stipcih M. S. & Massa M., 1999; Cunha A. L. & Caldas H., 2000; Pessoa C., 2000).

As diferentes investigações indicam que o professor funciona como um elo de ligação entre os alunos e os textos didáticos e, a partir destes, prepara as suas aulas, escolhe as questões a discutir e monta as suas atividades em sala de aula.

Por outro lado, vários estudos (por exemplo, Steiner, 1992 ou Santa & Alverman, 1994) também salientam a importância dos autores dos manuais escolares levarem efetivamente em conta as concepções dos alunos, na elaboração dos seus textos, apontando esta questão como uma forma promissora (senão, necessária) e potencialmente capaz de facilitar e promover a evolução conceitual daqueles que aprendem.

Assim, parece indiscutível a relevância do papel desempenhado pelos livros utilizados em qualquer nível de ensino no processo de aquisição do conhecimento e de como estes podem contribuir, positiva ou negativamente, para a formação ou permanência das concepções de senso comum e dos modos de raciocínio de estudantes e professores.

III. Metodologia

Analisar livros pode ter objetivos muito diferentes, entre eles:

- ajudar o professor ou o estabelecimento de ensino a escolher um livro para os seus alunos. Este tipo de análise centra-se mais sobre a apresentação, a forma e, por vezes, a metodologia, que sobre o fundo (por exemplo: MEC, 1999; Pessoa C., 2000);

- interesse nos conteúdos do conhecimento e nas suas formas de expressão, procurando o significado que esta produção pode ter para aquele que aprende. Em geral, a maioria dos trabalhos de análise de textos centra-se nestes aspectos, independentemente do referencial teórico ou das metodologias de análise utilizadas (por exemplo: Cárcer I. A., 1993; Thiele R. B. & Treagust D. F., 1995; Concarí S. B., Pozzo R. L. & Giorgi S. M., 1999; Islas S. M. & Guridi V. M., 1999; Stipcih M. S. & Massa M., 1999);
- interesse em avaliar, de forma geral, em que medida e de que forma os manuais escolares fazem referência às concepções dos alunos (por exemplo: Duarte M. C., 1999; Cachapuz *et alii*, 1989, *apud* Duarte M. C., 1999).

Por outro lado, neste trabalho, a perspectiva geral de análise é verificar se o que é tratado e a maneira como é tratado e desenvolvido o conteúdo no texto didático permite ou não que as dificuldades dos alunos sejam colocadas em questão ou, ainda, que elas sejam reforçadas (Caldas H., 1999; Cunha A. L. & Caldas H., 2000).

Esta perspectiva, gerando necessariamente uma abordagem metodológica específica, diferencia-se das outras, pois pressupõe o conhecimento prévio das idéias dos estudantes sobre os conteúdos a serem analisados: ela parte de elementos de análise definidos exclusivamente em função das principais tendências das dificuldades, concepções e modos de raciocínio de senso comum ou dos modelos dos alunos sobre determinado conteúdo, conhecendo-se os pontos precisos a serem estudados, isto é, conhecendo-se exatamente *o que se procura e porque se procura*.

O corpo a analisar é, assim, recortado nos diferentes elementos de análise, que podemos definir como "entradas" e que constituem a indicação dos aspectos gerais a analisar.

Em cada uma destas "entradas" são definidos os aspectos específicos a observar, gerando as "questões de análise", o que pode levar à construção de diferentes categorias e subcategorias determinadas pela diversidade das abordagens nos livros didáticos no que se refere, particularmente, ao elemento do conteúdo em processo de análise.

Portanto, tendo sistematicamente como pano de fundo as tendências do conhecimento comum reveladas por resultados da investigação na área de

Ensino de Ciências (no presente caso, Ensino de Física) no tema escolhido para estudo, ao "fazer" analítico interessa não só as formas de expressão conteúdo, mas também como esse conteúdo é articulado.

Este processo leva à definição precisa dos elementos susceptíveis de reforçar o modelo estudantil sobre o conteúdo analisado, permitindo, a partir destes, elaborar ou construir sugestões pedagógicas ou modelos capazes de, no mínimo, não contribuir para este reforço e que possibilitem tratar mais adequadamente o conteúdo de forma a facilitar a construção de um conhecimento mais próximo do científico.

Este último aspecto seria, portanto, o objetivo final de uma tal análise, subsidiando a construção de textos didáticos que levem em conta o acervo de conhecimentos gerados pela investigação em Ensino de Ciências, colocando-os, assim, a serviço da prática de ensino, fim último (ou primeiro) a que se destina esta área de investigação.

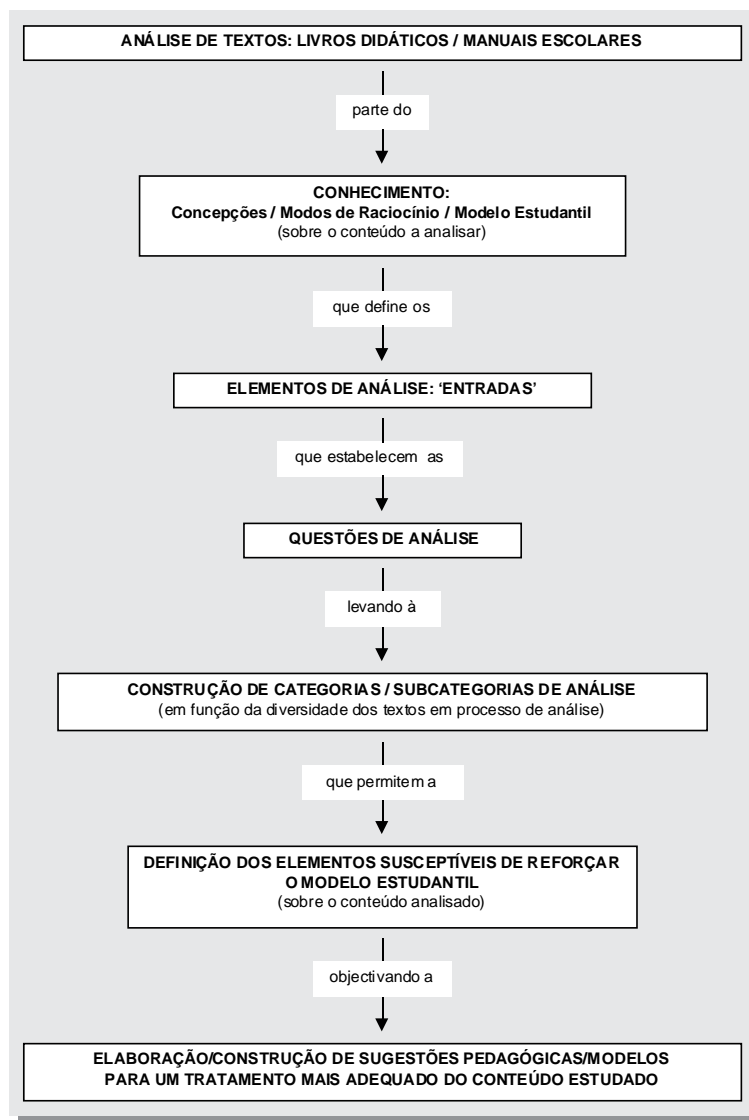
O quadro 1 (ver página seguinte) resume o processo metodológico que acabamos de descrever.

IV. Aplicação da metodologia: exemplo com o conteúdo do atrito entre sólidos

A seleção do conteúdo do atrito sólido (entre sólidos) seco (sem lubrificantes), como exemplo de aplicação da metodologia proposta, se fez, quase naturalmente, em função dos vários trabalhos de investigação por nós desenvolvidos sobre este tema da Física (entre eles, Caldas H. 1994, 1999, Caldas H. & Saltiel E. 1995, 2000), estudando as concepções e modos de raciocínio de professores do ensino secundário e de alunos de diversos níveis de ensino (secundário, técnico e superior) e de diversos países de origem (Brasil, Espanha, França, Itália e Portugal), na busca de uma descrição sintética do "modelo estudantil" sobre os vários aspectos deste fenómeno.

Desta forma, dada a forte base apoio destas investigações e dado que, ao nosso conhecimento, na literatura de circulação internacional especializada não existem trabalhos especificamente dedicados ao estudo sistemático das concepções dos alunos sobre o atrito, pareceu-nos, assim, que este assunto constituiria um bom tema para exemplificar a aplicação prática do processo metodológico em pauta.

Quadro 1: Resumo esquemático da metodologia de análise de textos



IV.1 Concepções dos alunos sobre o atrito

As investigações acima citadas mostraram que para a grande maioria da população interrogada, as forças de atrito cinético e estático são definidas como sendo forças que *sempre se opõem* ao movimento (caso do atrito cinético) ou à tendência do movimento (caso do atrito estático), movimento este que nunca leva em conta o movimento relativo de deslizamento ou de escorregamento das superfícies em contato (caso do atrito cinético) ou o eventual ou possível movimento relativo de deslizamento ou escorregamento dessas superfícies, que se produziria na ausência de atrito (caso do atrito estático).

Limitando-nos neste trabalho a abordar, apenas, o que se refere ao sentido atribuído às forças de atrito cinético ou dinâmico, este modelo estudantil traz, como consequência, a impossibilidade de considerar este fenômeno como capaz de desenvolver o papel de "*motor*" do movimento, cujas forças, portanto, podem ter o *mesmo sentido* do movimento num dado referencial e serem, para esse referencial, as forças responsáveis pelo movimento do corpo em estudo.

Em resumo, as dificuldades dos estudantes quanto ao sentido das forças de atrito cinético focalizam-se no seguinte aspecto: a atribuição (pelos alunos) de um sentido às forças de atrito cinético sem nenhuma referência aos *movimentos relativos de escorregamento* das superfícies em contato (que poderão ser um ponto, uma linha ou uma superfície plana) umas em relação às outras.

IV.2 Atrito: ponto de vista científico

Do ponto de vista científico, podemos dizer que existe atrito cinético entre dois sólidos em contato se pudermos definir, no contato, uma velocidade relativa de escorregamento não nula.

O sentido das forças de atrito cinético que cada uma das superfícies em contato exerce tangencialmente sobre a outra será sempre oposto ao sentido das velocidades relativas de escorregamento de cada uma dessas superfícies em relação à outra.

Entretanto, essas forças de atrito, ainda que opostas ao movimento relativo de escorregamento das superfícies em contato, podem perfeitamente ter o *mesmo sentido* do movimento do sólido estudado, em relação a um

determinado referencial, e tornarem-se, para este sólido e em relação a este referencial, uma força "*motriz*" do movimento.

Assim, a afirmação ou definição genérica e comum de que o atrito é sempre "resistente" ao "movimento" ou de que as forças de atrito sempre se opõem ao "movimento" é inadequada e incorreta do ponto de vista científico, não permitindo, este modelo, explicações consistentes para as inúmeras situações físicas que o contradizem (Salazar A., Sanchez-Lavega A. & Arriandaga M. A., 1990; Shaw D. E., 1979; Gié H. & Sarmant Y., 1985; Strelkov S., 1978).

IV.3 Elementos e questões de análise

No presente exemplo, o corpo a analisar trata, então, dos capítulos ou itens do conteúdo que se referem ao fenômeno do atrito sólido seco, em sete livros do ciclo básico do Ensino Universitário, no que tange, especificamente, ao sentido atribuído às forças de atrito cinético.

Determinado pelos resultados de investigação atrás relatados, o corpo objeto de análise foi recortado em um único elemento geral de análise (a "entrada"), estabelecida como "Definição do sentido das forças de atrito cinético", procurando-se observar os aspectos que respondessem às seguintes questões de análise:

- Do ponto de vista da Física
 - Como o sentido destas forças é definido?
 - Que tipo de exemplos, ao longo do texto, são escolhidos para ilustrar o sentido das forças?
 - Como o texto, as figuras e os exemplos escolhidos se completam?
 - Que tipo de exercícios ilustrativos são propostos? Como se articulam com a teoria?
- Do ponto de vista da investigação em Ensino de Física
 - Em que medida os livros permitem ou não que o "aprendiz" associe o sentido das forças de atrito cinético ao escorregamento relativo do ponto, linha ou superfícies em contato?

IV.4 Descrição analítica

Procurando responder às questões de análise e de acordo com a 'entrada' analítica, os livros foram divididos nas seguintes categorias:

Categoria A₁

Para os livros desta categoria ([4], [5] e [7]), a força de atrito cinético sempre se opõe ao movimento, ou ao escorregamento do sólido em estudo; a definição desta propriedade é sempre acompanhada de um exemplo e/ou de uma figura aonde o sólido se movimenta sobre uma superfície fixa.

Nenhum dos livros *nunca* menciona que o sentido da força de atrito é ligado ao movimento relativo de escorregamento das superfícies em contato e nem discute que esta força, eventualmente, pode ter o mesmo sentido do "movimento".

Em todos os exemplos ou exercícios ilustrativos, os corpos *sempre* se movimentam em relação a uma superfície fixa: em todos os diagramas e representações de forças, a força de atrito cinética aparece sempre representada somente no objeto em estudo (nunca também sobre a superfície sobre a qual o objeto repousa) e esta força única, evidentemente, tem sempre o sentido oposto ao movimento do objeto.

Podemos, por exemplo, ler no Tipler [7], p.153, referindo-se a um bloco sobre uma mesa horizontal e sobre o qual age uma força horizontal:

"Quando empurramos o bloco sobre a mesa com suficiente força, o atrito não pode impedir o seu movimento. Então, à medida que o bloco escorrega sobre a superfície, formam-se e rompem-se, continuamente, ligações entre as moléculas; e pequeninos pedaços de superfície são quebrados. O resultado é o aparecimento de uma força que se opõe ao movimento — a força de atrito cinético"¹.

No Mckelvey & Grotch [4], p.49, inicia-se o item "Forças de Atrito e Coeficiente de Atrito" por:

"No estudo da Mecânica, nós sempre encontraremos forças que surgem por causa da *resistência de atrito ao movimento* na interface entre dois corpos que estão em contato".

Mais adiante, o autor escreve (pp. 51 e 52):

"No caso do *atrito cinético*, no qual o objeto não está em repouso mas está deslizando sobre a superfície de suporte, a *força de atrito atua* sobre o objeto

que desliza no plano da interface de atrito, *em sentido oposto àquele do seu movimento.*"

Comentários: Assim, como *toda* a exposição teórica, definições, figuras, diagramas, exemplos e exercícios resolvidos referem-se somente ao caso *particular* de objetos deslocando-se sobre superfícies fixas, sem que tal fato ou tal opção seja sublinhada, qualquer "aprendiz" é levado a pensar que a força de atrito cinético deverá sempre opor-se ao "movimento" (?) dos corpos, movimento esse que é o movimento "dado" (aquele que "aparece"), e não o movimento de uma superfície de contato em relação à outra.

Categoria A₂

Nesta categoria encontram-se os livros ([1], [2] e [3]) aonde reina uma certa ambigüidade.

Efetivamente, nestes livros, os autores mencionam que o atrito relaciona-se com o movimento relativo das superfícies de contato dos corpos, para em seguida afirmar que a força de atrito opõe-se ao "movimento", sem nenhuma referência a este movimento relativo [1] ou estabelecem este relacionamento através de definições complicadas, diria mesmo, dificilmente compreensíveis para qualquer um, *sem* qualquer explicação adicional, figura ou exemplo que pudessem "traduzir" ou tornar mais acessíveis tais definições ([3 e 4]).

Tal como na categoria anterior, apesar das referências nos livros desta categoria ao movimento relativo das superfícies de contato dos corpos, *nenhum* dos livros também *nunca* menciona que a força de atrito, eventualmente, pode desempenhar o papel de "força motriz" e em todos os exemplos ou exercícios ilustrativos os corpos sempre se movimentam em relação a uma superfície fixa: *em todos* os diagramas e representações de forças, a força de atrito cinética aparece sempre representada somente no objeto em estudo (nunca também sobre a superfície sobre a qual o objeto repousa) e esta força única, evidentemente, tem sempre o sentido oposto ao movimento do objeto.

Deixamos o leitor refletir nos exemplos que se seguem.

No Alonso & Finn [1], p. 160, no item "Forças de atrito", os autores falam do atrito em geral, sem distinguir de início, qual é o estático e o cinético. Pode-se ler, logo no começo:

"Sempre que dois objetos estão em contato, como no caso de um livro em repouso sobre uma mesa, *existe uma resistência opondo-se ao movimento relativo dos dois corpos*. Suponha, por exemplo, que empurrarmos o livro ao longo da mesa, comunicando-lhe assim uma velocidade. Depois que o largamos, ele diminui de velocidade e acaba por parar. Essa perda de quantidade de movimento indica que *uma força opõe-se ao movimento, força essa chamada de atrito de escorregamento*".

Mais adiante, na mesma página, encontramos:

$$F_f = \text{atrito de escorregamento} = fN$$

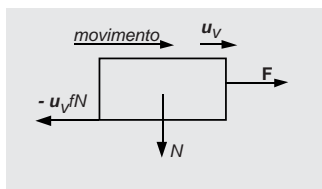


Figura 7-10. A força de atrito opõe-se ao movimento e depende da força normal

A força de atrito de deslizamento opõe-se sempre ao movimento do corpo tendo assim a direção oposta à velocidade."

Uma observação faz-se necessária, na afirmação feita no primeiro parágrafo da citação acima: é estranho os autores fazerem tal afirmação, pois, se o livro está em *repouso* em cima da mesa, como pode existir "uma *resistência*" (?) e, ainda, esta "resistência" opor-se ao "*movimento relativo dos dois corpos*"?

No Halliday & Resnick [3], p. 97, temos, na parte inicial do capítulo:

"Neste capítulo, cuidaremos bastante da força de atrito que existe entre as superfícies sólidas secas, movendo-se umas em relação às outras com velocidades relativamente baixas. Considere dois experimentos..."

Observe-se que os dois experimentos que se seguem tratam do movimento de um corpo sobre uma superfície fixa.

Mais na frente, no item "As Leis do Atrito" (p. 99), define-se:

"Para o caso cinético, a direção da força de atrito em um dado corpo é sempre na direção da velocidade relativa da superfície oposta" (1).

Adiante, em "Força de Arraste e Velocidade Terminal" (p. 101), os autores colocam:

"Se um corpo se move em um fluido, como ar ou água, a força de arraste, semelhante à *força de atrito*, *tende a retardar o movimento*."

No livro de Eisberg & Lerner [2], p. 187:

"Do ponto de vista de seus efeitos, as forças de atrito que atuam entre dois objetos sempre fazem a mesma coisa — elas *resistem* a qualquer tentativa de colocar um objecto em *movimento em relação ao outro* e tendem a *retardar o movimento*, uma vez que os objectos estejam se movendo uns em relação aos outros.

Assim, elas são *sempre dirigidas 'para trás'*."

Posteriormente, pode-se ler, ainda na mesma página:

"... o sentido da força de atrito que atua sobre um objeto depende do sentido da velocidade que ele teria caso se movesse, ou realmente tem se estiver se movendo, uma vez que o *atrito sempre se opõe ao movimento relativo*."

E na página 189:

"Como é sempre verdadeiro para uma força de atrito, o *sentido da força de atrito de contato cinético exercida por um objeto sobre o outro é contrário ao sentido do movimento relativo a que ela se opõe*". (2)

Comentários: Esta categoria não se diferencia tanto da anterior, pois a questão não está, somente, nas definições mais ou menos ambíguas ou complicadas. A questão está, também e principalmente, no seguinte fato: esses conteúdos não são trabalhados, nem explorados, na perspectiva em que foram apresentados. Efetivamente, no decorrer da exposição, todos os exemplos, discussões, diagramas de forças, figuras e exercícios resolvidos são da mesma natureza daqueles da categoria anterior: os corpos movimentam-se sempre sobre uma superfície fixa e o tal "movimento relativo das superfícies" esvazia-se e perde o seu significado.

Convidaria o leitor a fazer um pequeno teste quanto às definições (1) e (2) que, embora possa não parecer à primeira vista, estão corretas: apresentar estas definições a alunos e professores e, avaliar por si mesmo, o parâmetro de "acessibilidade" que elas possuem!

Categoria A₃

Nesta categoria [6], o sentido atribuído à força de atrito é definido sem ambigüidade, enfocando a oposição desta força ao movimento relativo de escorregamento do corpo.

Entretanto, tal como nas outras categorias, o resto da exposição teórica e exemplos não explora esta definição, a não ser para corpos que se movem sempre sobre uma superfície fixa.

Senão, vejamos no Sears, Zemansky e Young [6], p. 35:

"Sempre que a superfície de um corpo desliza sobre o outro, *cada* (em itálico, no original) corpo exerce uma força de atrito sobre o outro, paralela às superfícies. *A força sobre* (em itálico, no original) *o corpo é oposta à direção de seu movimento relativo ao outro*. Assim, quando um bloco desliza da esquerda para a direita sobre a superfície de uma mesa, uma força de atrito para esquerda atua no bloco e uma força igual, para a direita, atua na mesa. Forças de atrito podem atuar mesmo quando não há *movimento relativo*."

III.5 Conclusão analítica

Em conclusão, apesar das diferenças que existem nos livros, constatamos que, qualquer que seja a maneira através da qual é definido o sentido da força de atrito cinético (oposto ao movimento do sólido estudado ou ao seu movimento relativo de escorregamento), as figuras, exemplos e discussões se referem *sempre* ao estudo do mesmo tipo de situações físicas: um corpo que se movimenta sobre uma superfície fixa.

Assim, seja qual for a definição, a força de atrito opõe-se, *na prática*, ao movimento (o único) que o sólido possui, uma vez que a velocidade relativa de escorregamento das superfícies de contato é igual àquela do sólido estudado em relação à superfície (sempre fixa) sobre a qual ele repousa: a exposição teórica e os exemplos escolhidos não tratam *jámais* de situações físicas aonde possa existir uma força de atrito que não seja contrária ao "movimento", capaz, portanto, de desempenhar o papel de força "motriz" para o sólido e movimento estudados (seria, além de tudo, uma ótima oportunidade para se rever a questão dos referenciais e do movimento relativo, que tantas dúvidas suscitam!).

Desta forma, como poderia o aluno colocar em questão que "a força de atrito sempre se opõe ao movimento"?

Constatou-se, em resumo, que a escolha de um quadro restritivo para falar sobre as leis do atrito, talvez na tentativa de simplificar e tornar mais acessível um assunto, que não é tão evidente assim, omite pontos importantes, quando não deixa outros tantos ambíguos ou aparentemente contraditórios, levando muitas vezes a incorreções ou interpretações que poderiam ser evitadas.

Desta forma, os livros analisados não dão a contribuição que poderiam dar para ajudar a colocar em causa o estatuto adquirido pelas forças de atrito no que diz respeito ao sentido destas forças e mesmo, muitas vezes, contribuem para reforçá-lo.

Então, no exemplo que foi selecionado para explicitar a metodologia de análise de textos proposta, parece que escolher falar sobre o fenômeno do atrito num contexto em que as forças de atrito sempre se opõem ao "movimento" não é a melhor opção.

No quadro 2, apresentamos o resumo das análises efetuadas, no que chamamos de "ficha de análise", modelo que pode ser aplicado a cada livro e a cada conteúdo analisado. Aqui, optamos por apresentar, apenas, a "ficha" que resume as análises do conjunto de livros trabalhados (ver quadro 2 na página seguinte).

Assim, embora não seja o objetivo deste trabalho elaborar sugestões pedagógicas decorrentes do estudo do conteúdo específico do atrito cinético nos manuais escolares escolhidos, que funcionou aqui somente como exemplo prático de apoio ao modelo metodológico explicitado, surge, quase naturalmente, das análises, a seguinte sugestão geral: quando se apresentar o atrito e suas leis aos alunos, se defina, se enfatize e se dê exemplos de que o atrito cinético se opõe à *velocidade relativa de escorregamento* de uma superfície em relação à outra, podendo, assim, ter o mesmo sentido do movimento de um corpo num dado referencial.

Ressalta-se, ainda, que o objetivo do processo analítico aqui descrito não é, em hipótese alguma, fazer-se uma crítica destrutiva na tentativa de "descobrir" erros, mas muito ao contrário é uma tentativa de mostrar, do ponto de vista daquele que aprende, que certas escolhas podem não levar ao resultado desejado.

Quadro 2: Ficha de Análise

1	Assunto/Tema geral de análise	Atrito cinético entre sólidos (sem lubrificação): sentido das forças de atrito	
2	Objeto de análise	7 livros utilizados no Ensino Superior	
	Referências dos livros analisados: autor/ano [1] Alonso M. & Finn E. J., 1972; [2] Eisberg R. M. & Lerner L. S., 1982; [3] Halliday D. & Resnick R., 1994; [4] Mckelvey J. P. & Grotch H., 1979; [5] Nussenzveig H. M., 1987; [6] Sears F., Zemansky M. W. & Young H. D., 1983; [7] Tipler P. A., 1978.		
3	Corpo em processo de análise	Capítulos ou itens de capítulos reservados ao estudo das leis e propriedades do fenômeno do atrito entre sólidos	
4	Tendências das Concepções dos Alunos	<ul style="list-style-type: none">Quanto ao sentido das forças de atrito cinético: Atribuição de um sentido às forças de atrito cinético sem nenhuma referência aos movimentos de escorregamento relativo das superfícies em contato: a força de atrito sempre se opõe ao 'movimento', por definição.	
5	Elemento(s) de Análise: entrada(s)	Definição do sentido das forças de atrito cinético	
6	Questões de Análise	<ul style="list-style-type: none">Como o sentido destas forças é definido?Que tipo de exemplos, ao longo do texto, são escolhidos para ilustrar o sentido das forças?Como o texto, as figuras e os exemplos escolhidos se completam?Que tipo de exercícios ilustrativos são propostos? Como se articulam com a teoria?	
7	Categorias de Análise	Resumo descritivo das categorias	Livros (N)
	C ₁	Definição do sentido das forças sem nenhuma referência aos movimentos de escorregamento relativo das superfícies em contato.	3 [4]; [5]; [7]
	C ₂	Definições ambíguas com referências ao movimento de escorregamento relativo das superfícies em contato, mas a exposição teórica e os exemplos não exploram ou justificam estas referências.	3 [1]; [2]; [3]
	C ₃	Definição sem ambigüidade, enfocando a oposição da força ao movimento relativo de escorregamento do corpo, mas a exposição teórica e os exemplos não exploram ou justificam esta definição.	1 [6]
8	Resumo conclusivo das análises <ul style="list-style-type: none">O modelo utilizado nos livros para introduzir o conceito do atrito/sentido das forças de atrito cinético é basicamente o mesmo, apesar das diferentes categorias, total e unicamente apoiado em exemplos onde os corpos sempre se deslocam em relação a uma superfície fixa, onde a relação entre o atrito e os movimentos relativos de escorregamento das superfícies umas em relação às outras é ignorada ou esvaziada, contribuindo fortemente para uma formação conceitual inadequada e redutora do fenômeno do atrito sólido seco.Os livros não contribuem para colocar em questão o conhecimento de senso comum dos alunos, até o reforçam, não permitindo ou não facilitando, assim, o processo de construção de um conhecimento mais próximo do científico.		

V. Conclusão

Através de uma proposta de análise crítica de textos didáticos, que metodologicamente tem como ponto de partida os resultados sobre as tendências das características do conhecimento de senso comum dos estudantes, exemplificadas no presente trabalho com o conteúdo do

fenômeno do atrito, procura-se verificar como o conteúdo estudado, nos textos, se articula e relaciona com aquele conhecimento.

Em particular, as análises aqui desenvolvidas mostraram que os autores do conjunto dos livros optaram, em maior ou menor grau, por abordar a problemática do atrito cinético ou dinâmico num contexto extremamente redutor, onde pontos importantes são omitidos e outros tantos são equivocada ou ambigualmente colocados, numa aparente tentativa de simplificação deste fenômeno.

Desta forma, constatou-se que os livros analisados, os quais constituem a principal fonte de estudo e informação de alunos e professores, tendem a reforçar o conhecimento de senso comum desta população, não permitindo ou não contribuindo para que este seja colocado em questão e evolua para um modelo cientificamente aceitável do atrito.

Assim, a perspectiva utilizada pelo conjunto dos livros não parece ser a mais adequada para iniciar o aluno no processo de construção de um conhecimento que se distancie daquele do senso comum.

Cabem então as perguntas, decorrências naturais do processo metodológico descrito e aplicáveis a qualquer conteúdo que se estude: quais seriam os elementos que poderiam contribuir para facilitar o leitor aprendiz a colocar em questão o seu conhecimento de senso comum, de forma a favorecer o processo de construção de um conhecimento mais próximo do conhecimento científico? Quais as escolhas que daí decorreriam para o ensino, de modo a favorecer uma formação conceitual mais adequada do conteúdo estudado?

Neste sentido, o contexto geral do nosso trabalho sugere, pois, que um dos caminhos possíveis se situa na importância e necessidade da construção de textos escolares que, em primeira instância, levem seriamente em consideração as tendências do conhecimento de senso comum e o quanto este conhecimento é resistente ao ensino.

Assim, esta parece ser uma escolha necessária para que os livros e manuais escolares desempenhem o importante papel de, no mínimo, não contribuírem para reforçar ou favorecer as concepções e os modos de raciocínio de senso comum daquele que aprende, facilitando e promovendo, pois, o processo de construção e evolução de um conhecimento cada vez mais próximo do científico.

Nota

- ¹ Daqui em diante, os grifos nas citações são nossos, para destacar os aspectos principais a serem observados. Quando, eventualmente não forem, será indicado.

Referências

- BACHELARD, G. (1938). *La formation de l'esprit científico*. Paris: Vrin.
- BRINCONES, I. & OTERO, J. (1994). Students Conceptions of the Top-Level Structure of Physics Texts. *Science Education*, 78 (2): 171-183.
- CALDAS, H. (1994). *Le frottement solide sec: le frottement de glissement et de non-glissement. Etude des difficultés des étudiants et analyse de manuels*. Tese de Doutorado, Université Paris 7.
- CALDAS, H., colaboração de Saltiel E. (1999). *Atrito: o que diz a Física, o que os alunos pensam e o que os livros explicam*. Edufes, Brasil.
- CALDAS, H. & SALTIEL, E. (1995). Le frottement cinétique: analyse des raisonnements des étudiants. *Didaskalia: Recherches sur la communication et l'apprentissage des sciences et des techniques*, 6: 55-71.
- CALDAS, H. & SALTIEL, E. (2000). Le frottement statique: analyse des raisonnements des étudiants. *Didaskalia: Recherches sur la communication et l'apprentissage des sciences et des techniques*, 17: 9-25.
- CÁRCER, I. Aguirre de (1993). Dificultades en la comprensión de las explicaciones de los libros de texto de física. *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (2): 92-98.
- CONCARI, S. B., POZZO R. L. & GIORGI S. M. (1999). Un estudio sobre el rozamiento en libros de física de nivel universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2): 273-280.
- CUNHA, A. L. & CALDAS, H. (2000). Sentido das forças de atrito e os livros da 8ª série. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 17 (1): 7-21.
- DUARTE, M. C. (1999). Investigação em Ensino de Ciências: influências ao nível do manual escolar. *Revista Portuguesa de Educação*, 12 (2): 227-248.
- GIE, H. & SARMANT, Y. (1985). *Mécanique, volume 2*. Collection Sciences Physiques. Lavoisier.
- GIORDAN, A. et alii (1983). *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*. Berne: Peter Lang.
- GUIDONI, P. (1985). On natural thinking. *European Journal of Science Education*, 7 (2): 133-140.
- HEWSON, M. G. & HAMLYN, D. (1983). The representation of conceptions of heat. In *Recherches en didactique de la physique. Premier Atelier international de recherche en didactique de la physique*. La Londe-des-Maures, Paris: CNRS, 347-354.
- ISLAS, S. M. & GURIDI, V. M. (1999). El quehacer científico versus el quehacer áulico. Buscando rasgos del quehacer científico en libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2): 281-290.

- JOSHUA, S. & DUPIN, J. J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris: P.U.F.
- KENNETH, A., STRIKE, K. A. & POSNER, G. J. (1992). *A revisionist theory of conceptual change. Philosophy of science, cognitive, and education theory and practice*. New-York: Richard A. D. & Richard J. Hamilton Editors, 147-176.
- LAROCHELLE, M. & DESAUTELS, J. (1991). "Of course, it's just obvious": adolescents' ideas of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 13 (4): 373-390.
- MARIANI, M. C. & OGBORN, J. (1991). Toward an onthology of common-sense reasoning. *International Journal of Science Education*, 13 (1): 69-85.
- MEC (1999). *Guia do livro didático do ensino médio*. Brasil: Ministério da Educação e Cultura.
- NIMIER, J. (1983). *Mathématique et affectivité. Recherches sur divers modes de relation à l'objet mathématique*. Thèse d'état, Université de Nanterre.
- OGBORN, J. (1985). Understanding students' understandings: an example from dynamics. *European Journal of Science Education*, 7 (2): 141-150.
- OSBORNE, R. & WITTROCK, M. (1983). Learning science: a generative process. *Science Education*, 67 (4): 489-508.
- PESSOA, C. (2000). O livro escolar de Física: qualidade tem que melhorar. *Gazeta de Física*, 23 (1): 17-22.
- PIAGET, J. & INHELDER, B. (1941). *Le developement des quantités physiques chez l'enfant*. Neuchatel: Delachaux-Niestlé.
- POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON P. W. & GERTZOG W. A. (1982). Accommodation of scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2): 211-227.
- RESNICK, L. (1988). Convictions ontologiques dans l'apprentissage de la physique. In N. Bednarz & C. Garnier (Eds.), *Construction des savoirs: obstacles et conflits*. Montréal, 103-109.
- ROQUEPLO, P. (1974). *Le partage du savoir*. Paris: Seuil.
- SALAZAR, A., SANCHEZ-LAVEGA, A. & ARRIANDAGA, M. A. (1990). Is the frictional force always opposed to the motion? *Physics Education*, 25: 82-85.
- SANTA, C. & ALVERMAN, D. (1994). *Una didáctica de las ciencias*. Argentina: AIQUE.
- SHAW DONALD, E. (1979). Frictional Force on rolling objets. *American Journal of Physics*, 47 (10): 887-888.
- SOLOMOM, J. (1980). *Teaching children in the laboratory*. London: Croon Helm.
- STINNER, A. (1992). Science textbooks and science teaching: from logic to evidence. *Science Education*, 76, 1-16.
- STIPCICH, M. S. & MASSA, M. (1999). Qué esperamos los docentes al seleccionar un texto para nuestros alumnos: comprensión o legibilidad? *Investigações em Ensino de Ciências*, 4 (3): 1-15.
- STRAUSS, S. (1981). Cognitive development in school and out. *Cognition*, 10: 295-300.
- STRELKOV, S. (1978). *Mécanique*. Moscou: Editions Mir.

THIELE, R. B. & TREAGUST, D. F. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 17 (6): 783-785.

VIENNOT, L. (1996). *Raisonnement en physique: la part du sens commun*. Paris, Bruxelles: De Boeck & Larcier.

Referências bibliográficas dos livros analisados

- [1] ALONSO M. & FINN E. J. (1972). *Física: um curso universitário*, volume 1 - Mecânica. São Paulo: Edgard Blucher Ltda.
- [2] EISBERG R. M. & LERNER L. S. (1982). *Física: fundamentos e aplicações*, volume 1. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.
- [3] HALLIDAY D. & RESNICK R. (1994). *Fundamentos de Física: Mecânica*, volume 1. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A..
- [4] McKELVEY J. P. & GROTCH H. (1979). *Física*, volume 1. São Paulo: Harbra, Editora Harper & Row do Brasil Ltda.
- [5] NUSSENZVEIG H. M. (1987). *Curso de física Básica, 1 - Mecânica*. São Paulo: Edgar Blucher Ltda.
- [6] SEARS F., ZEMANSKY M. W. & YOUNG H. D. (1983). *Física 1: Mecânica da Partícula e dos Corpos Rígidos*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.
- [7] TIPLER P. A. (1978). *Física 1*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois S.A.

A METHODOLOGY OF ANALYSIS OF DIDACTIC TEXTS: AN EXAMPLE WITH A TOPIC IN PHYSICS

Abstract

This work presents and describes a methodology of analysis of didactic texts, having as starting point the results of investigations about the tendencies of the students' common sense knowledge on a specific subject matter in science. The consequences of such methodology will be evoked as much at the research level as at the pedagogic level using the example of a topic in physics, specifically that of the phenomenon of the kinetic friction between solids treated in books used in the higher education.

UNE METHODOLOGIE D'ANALYSE DE TEXTES DIDACTIQUES: UN EXEMPLE D'UN CONTENUE DE PHYSIQUE

Résumé

Ce travail présente et décrit une methodology d'analyse de textes didactiques, partant des résultats de recherche sur les tendances de la connaissance du sens commun des étudiants sur un contenu donné. Les conséquences de telle methodology seront évoquées, tant au niveau de la recherche quant au niveau pédagogique, utilisant l'exemple d'un contenu de physique, spécifiquement celui du phénomène du frottement cinétique entre solides abordé dans des manuels utilisés dans l'enseignement supérieur.