

Uma estratégia de ensino inspirada em Lakatos com instrução de racionalidade por uma reconstrução racional didática

A teaching strategy inspired in Lakatos with rationality instruction through a rational didactical reconstruction

Osmar Henrique Moura da Silva¹

Roberto Nardi²

Carlos Eduardo Laburu³

Resumo

O desenvolvimento de estratégias para o ensino de conceitos científicos por inspiração na filosofia da ciência tem sido objeto de vários estudos na área de Educação em Ciências. Com base em alguns desses trabalhos, esta pesquisa estrutura uma proposta de estratégia para o ensino de Física que inclui a Reconstrução Racional Didática (RRD) com visão filosófica implícita inspirada na epistemologia e reconstrução racional de Lakatos. A inclusão da RRD como um passo específico de uma estratégia de ensino lakatosiana tem a intenção de exemplificar situações racionais de comparação de teorias rivais e, com isso, preparar o aluno para posteriores debates entre concepções rivais alternativas e científicas de modo a auxiliar o aprendizado destas últimas.

Palavras-chave: Ensino de Física, Estratégias Racionais de Ensino, Analogia, História e Filosofia da Ciência.

Abstract

The development of scientific concepts teaching strategies inspired in the philosophy of science has been object of various studies in Science Education. Based on some of these studies, this research structures a physics teaching strategy proposal which includes a Didactical Rational Reconstruction (DRR) with a implicit philosophical view inspired in the Lakatos' epistemology and rational reconstruction. The inclusion of the DRR as a specific step of a Lakatosian teaching strategy has the intention to exemplify rational situations comparing rival theories and, with that, preparing the student for further debates between alternative and scientific rival theories in order to help the learning of the last ones.

Keywords: Physics Teaching, Teaching Rational Strategies, Analogy, History and Philosophy of Science.

¹ Doutorando em Educação para a Ciência pela Universidade Estadual Paulista – UNESP. Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências. Faculdade de Ciências. Campus de Bauru; email: osmarh@uel.br.

² Professor Adjunto, Livre Docente do Departamento de Educação, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru. Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências; email: nardi@fc.unesp.br. Apoio: CNPq.

³ Docente do Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina, CEP 6001, 86051-970, Londrina, PR, Brasil; email: laburu@uel.br. Apoio: CNPq e Fundação Araucária.

Introdução

De acordo com Terra (2002), todas as filosofias da ciência têm implicações pedagógicas que podem trazer reflexos importantes nos procedimentos de ensino de ciências. Não é por menos que, intencionadas em contribuir com o processo educacional, muitas pesquisas estruturaram propostas didáticas para o ensino de ciências inspiradas em determinadas epistemologias. Posner et al. (1982) propuseram um modelo de mudança conceitual baseado na epistemologia de Kuhn. Stipcich e Toledo (2001) apresentaram uma proposta fundamentada na representação evolutiva dos conceitos proposta por Toulmin. Tomando como base as idéias de Feyerabend, Laburú e Carvalho (2005) sugerem uma espécie de estratagema didático anárquico ou de “vale tudo” metodológico. Inspirado na epistemologia de Lakatos (1970), este trabalho tem a intenção de elaborar uma nova alternativa, procurando avançar em pesquisas anteriores (Niaz, 1998 e Rowell, 1989) que apresentaram estratégias racionais de ensino, também fundamentadas em Lakatos.

Niaz (1998) estruturou uma estratégia de ensino lakatosiana e contribuiu ao fornecer orientações para que um professor possa seguir quando interessado nesse tipo de estratégia. Como o presente trabalho fundamenta-se no referencial lakatosiano para elaborar uma estratégia de ensino, muito será aproveitado de suas orientações. A razão para haver uma reflexão nesse sentido está na recomendação de Niaz (*ibid.*, p. 123) para que mais estudos avancem e fortaleçam sua estratégia de ensino lakatosiana antes que ela seja recomendada para o professor em sala de aula. Para caminhar nessa direção, adotar-se-á uma seqüência de passos semelhante à de outra estratégia instrucional explícita (elaborada por ROWELL, 1989).

A principal contribuição do presente trabalho consiste na avaliação de uma orientação na qual se persegue o objetivo de se trabalhar a racionalidadeⁱ com os alunos. Para Mathews (1994, p. 93), a racionalidade é um tópico central em filosofia da ciência muito importante para o ensino de ciências. Embora as estratégias de Niaz (1998) e Rowell (1989) busquem uma racionalidade nas discussões sobre os méritos e deméritos de concepções rivais (alternativas e científicas) em sala de aula para que haja a escolha da melhor, alguns autores como Villani et al. (1997, p. 41) ressaltam que é ingenuidade supor algum modelo racional muito enraizado nos estudantes. Sem uma preparação, discussões racionais mais diretas para a escolha entre teorias, com

inspiração filosófica implícita ou não, podem não alcançar êxito, conforme assinala Mathews (1994, p. 86), através da seguinte analogia: “*Estudantes que não tiveram uma preparação anterior para tal debate assemelham-se a uma criança da zona rural em sua primeira visita à cidade grande*”. Quer dizer, se uma criança encontra-se perdida numa cidade grande por mal conhecê-la e saber o caminho de casa, semelhantemente, um estudante encontra-se perdido em seu primeiro debate racional por mal perceber o rumo que uma conclusão tenha tomado.

No ensino de Física, situações em sala de aula que partem de pontos de vista conceituais diferentes para estabelecer um debate racional, uma conclusão ou julgamento somente são alcançadas por consenso quando há a predominância de um critério pertinente. Critérios racionais para avaliação de concepções ou teorias científicas relacionam-se a sistemas de conhecimento específicos que são analisados filosoficamente, mais especificamente, pela filosofia da ciência. De acordo com Chalmers (2000, p. 137), uma posição filosófica na ciência é racionalista por estabelecer um critério universal e atemporal, com referência ao qual se podem avaliar os méritos relativos de teorias rivais. Assim, não são critérios que os estudantes naturalmente carregam. Para que um estudante avalie concepções por um critério racional desejado no processo de ensino/aprendizagem, é preciso primeiramente que ele o conheça. Para isso, este trabalho elabora uma estratégia que busca exemplificar uma discussão racional por meio de uma história distorcida da ciência em que o professor conduz os alunos à, inicialmente, entenderem um determinado critério, para que posteriormente utilizem em um dado contexto e também melhor acompanhem os caminhos que conduzem a uma decisão baseada naquele critério.

Preocupação não divulgada por Niaz (1998) e Rowell (1989), essa preparação parte da pressuposição de que as discussões iniciais destinadas a influenciar o aluno com certa racionalidade possam ajudar a aprendizagem de conceitos científicos em um posterior debate racional entre concepções rivais em classe. Ao visar melhor influenciar o aluno com determinada racionalidade, este trabalho propõe a Reconstrução Racional Didática como um passo importante da presente estratégia de ensino inspirada em Lakatos (1978), sofisticando-a em relação às propostas formuladas por Niaz (1998) e Rowell (1989).

O referencial de Imre Lakatos

Epistemologia

Na filosofia da ciência, a epistemologia de Imre Lakatos é destacada como uma das importantes reflexões do século XX sobre o desenvolvimento das teorias científicas. Para Lakatos, a história de ciência retrata o que ele define como uma metodologia dos programas de pesquisa científica. Nessa metodologia, as teorias não são elementos isolados, mas pertencentes a um determinado programa de pesquisa. Assim, um programa de pesquisa é formado por uma série de teorias que continuamente evoluem, sendo o processo do desenvolvimento científico caracterizado pela competição entre programas de pesquisa rivais. Eles se caracterizam por regras metodológicas; *algumas nos dizem quais são os caminhos de pesquisa que devem ser evitados (heurística negativa), outras nos dizem quais são os caminhos que devem ser palmilhados (heurística positiva)* (Lakatos, 1970, p. 162). A heurística negativa especifica o “núcleo” do programaⁱⁱ, considerado irrefutável por decisão metodológica dos seus protagonistas. A heurística positiva especifica o “cinto de proteção”, considerado refutável. Ou seja, existe um conjunto parcialmente articulado de sugestões e palpites sobre como mudar e desenvolver as “variantes refutáveis” do programa de pesquisa. Com isso, pode-se modificar e sofisticar o cinto de proteção, como, também, salvaguardar o cientista de ficar sem rumo num oceano de anomalias. Os cientistas então, desenvolvem, num programa de pesquisa, uma cadeia de modelos, cada vez mais complicados, que simulam a realidade, ao mesmo tempo que passam a ignorar os dados disponíveis (contra-exemplos reais) que surgem, chegando, em alguns casos, durante o desenvolvimento dos modelos, a antecipá-los. Com essas características, é somente quando o cinturão de hipóteses auxiliares enfraquece que se pode dar maior atenção aos dados anômalos. Portanto, em função da existência de cinturões protetores, as teorias nucleares são preservadas de refutações, resguardadas nos programas de pesquisa.

Para responder como ocorrem as chamadas revoluções científicas, Lakatos fornece uma razão objetiva que acontece quando um programa de pesquisa supera um rival (refutando sua heurística: núcleo e cinturão protetor) através de demonstrações de força heurísticaⁱⁱⁱ. Apesar dessa refutação não ser um processo instantâneo,

tipos constituem a coluna vertebral de sua história interna. Quando escreve a história, o historiador indutivista busca esses tipos de descobrimentos científicos; encontrá-los, é outra questão.

De modo similar, um historiador popperiano buscaria grandes e “arriscadas” teorias falseáveis e importantes experimentos cruciais negativos. Já pela metodologia dos programas de pesquisa científica de Lakatos, um historiador buscaria programas de pesquisa que podem ser avaliados em termos de mudanças progressivas e degenerativas de problemas, e interpretaria as revoluções científicas como eventos nos quais um programa de pesquisa passa a suceder outro (superando-o em progresso). Conseqüentemente, cada reconstrução racional revela seu modelo característico do desenvolvimento racional do conhecimento científico (ibid., p. 105).

É sempre possível mostrar como uma metodologia pode influenciar a seleção de determinados fatos em lugar de outros e que a interpretação desses fatos não ocorre sem alguma inclinação teórica. Sabe-se que a objetividade em história é, num certo nível, impossível. A História não se apresenta simplesmente aos olhos do espectador. Ela tem que ser fabricada. Há uma seleção de fontes e materiais, construção de perguntas, e a tomada de decisões sobre a relevância das contribuições de fatores internos e externos para a mudança científica. Todas essas questões sofrem influência das visões sociais, nacionais, psicológicas e religiosas do historiador e que, num grau ainda maior, são influenciadas por uma Teoria da Ciência ou Filosofia da Ciência que o historiador acredita, determinando uma metodologia normativa à qual o historiador se apóia para a elaboração da história interna.

Assim, Lakatos entende que todo estudo histórico deve ser precedido de um estudo heurístico e resume seu procedimento para redigir um estudo de um caso histórico adotando as seguintes condições: 1) faz-se uma reconstrução racional; 2) tenta-se cotejar essa reconstrução racional com a história real e criticar tanto a reconstrução racional por falta de historicidade quanto a história real por falta de racionalidade (Lakatos 1970, p. 169).

Essas condições talvez sejam o aspecto mais controverso das idéias de Lakatos devido à conseqüente “liberdade” com que muitos enunciados podem ser adaptados numa reconstrução racional de um episódio histórico. Um exemplo refere-se à reconstrução racional do programa de Bohr. Nela, Lakatos sugere que se pode atribuir

a idéia de giro do elétron corretamente a Bohr em 1913. O interessante é que mesmo pelo fato de seguramente saber que Bohr era bastante céptico da idéia de giro ainda em 1925, Lakatos afirma que essa idéia era compatível com o programa de pesquisa implicado pelo átomo de Bohr. Apesar de Bohr não ter pensado nisto (ou ao menos deixado explícito), Lakatos destaca que esta é uma reconstrução racional e que, nesse sentido, *“alguns enunciados não devem ser tomados com uma pitada, senão com toneladas de sal”* (Lakatos 1970, p. 172).

Ao construir a história interna, portanto, o historiador é altamente seletivo por *“omitir tudo o que é irracional à luz de sua teoria da racionalidade”* (Lakatos 1971, p. 106). Porém, a história interna não é somente uma seleção de fatos interpretados metodologicamente. Segundo Lakatos (ibid.), *“também há ocasiões em que pode ser uma versão radicalmente melhorada destes”*, como é o caso do programa de Bohr acima discutido.

As estratégias de ensino de Niaz (1998) e Rowell (1989)

Como foi mencionando na introdução, este estudo se baseia em duas estratégias racionais de ensino: a de Niaz (1998) e a de Rowell (1989).

Niaz (1998) estruturou uma estratégia de ensino fundamentada na Epistemologia de Lakatos (1970) para facilitar a mudança conceitual dos estudantes no tema equilíbrio químico. Nessa proposta o levantamento das concepções alternativas de estudantes é tomado como ponto de partida, admitindo essas estruturas como se fossem programas de pesquisa. Dessa forma, a comparação permite que essas estruturas ou “programas” tornem-se candidatas à mudança, uma vez que a complexidade cognitiva das convicções nucleares pode ser quebrada por uma série de questionamentos. Isso pode ser facilitado quando são distinguidas as concepções nucleares, mais resistentes à mudança que outras explicações. Enquanto essas explicações nucleares dos estudantes oferecem resistências em suas convicções por criarem ‘hipóteses auxiliares’ para defendê-las, as “hipóteses ou explicações auxiliares” podem prover pistas e direções para a construção de novas táticas de ensino. Isto significa não considerar as concepções alternativas como erradas, mas como modelos semelhantes aos usados pelos cientistas para simplificar a complexidade de um problema. Assim, as concepções devem ser consideradas como

‘teorias’ que competem com as teorias científicas e, às vezes, recapitulam teorias científicas do passado (ibid., p. 122-123)

Entende-se aqui que as orientações acima ainda são muito gerais. Para facilitar a prática de um educador que mantém ressonância com suas orientações, este trabalho busca um caminho semelhante ao de Rowell (1989). Esse autor estruturou uma estratégia instrucional explícita que consiste basicamente de cinco passos fundamentados num construtivismo piagetiano. Um aspecto importante de sua seqüência é que ela inicia com o levantamento das concepções alternativas, que são então guardadas pelo professor e, só depois da construção das concepções científicas, são apresentadas aos alunos para a realização de comparações entre os méritos e deméritos das teorias rivais para que haja a escolha da melhor. Essa seqüência de passos foi influenciada pela filosofia da ciência pós-positivista, à medida que “*não há nenhuma falsificação antes do aparecimento de uma teoria melhor*” (ibid.) Dessa última estratégia é preciso mencionar que, com exceção do referencial piagetiano, a aqui proposta utilizará uma seqüência de passos semelhante, mas inserindo uma história distorcida da ciência com visão filosófica implícita inspirada em Lakatos. O diferencial metodológico, portanto, é a explicitação de procedimentos destinados a preparar o aluno para envolvê-lo com a racionalidade das discussões por meio de uma reconstrução racional didática da história da ciência. A próxima seção ocupa-se dessa forma de inserir a história distorcida da ciência no ensino da Física.

Uma preparação para auxiliar o aprendizado dos estudantes em debates racionais entre concepções alternativas e científicas: a reconstrução racional didática inspirada na reconstrução racional de Lakatos

Denomina-se aqui de reconstrução racional didática (RRD) o uso da HFC como um ponto de partida para desenvolver e projetar soluções didáticas satisfatórias (Mäntylä e Koponen, 2007) que podem se entendidas como reconstruções didáticas para auxiliar o ensino de conceitos científicos (Izquierdo-Aymerich e Adúriz-Bravo, 2003). Embora a RRD baseia-se na história e filosofia da ciência ao ser elaborada, é preciso dizer que essas bases são usadas como recursos, pois a intenção não é obter reconstruções históricas completamente autênticas. Ao invés disso, de acordo com Mäntylä e Koponen (2007, p. 292), “*a história é interpretada do ponto de vista de*

concepções modernas, porque a meta, afinal de contas, é ensinar física, não a história da física". O pensamento de que o conhecimento científico escolarizado atual deve ser a meta do processo de ensino e de aprendizagem, estando acima do ponto de vista de um ensino historicamente autêntico, tem sido defendido no ensino de ciências (Mäntylä e Koponen, 2007, p. 297-298; Valente, 2005, p. 4; Izquierdo-Aymerich e Adúriz-Bravo, 2003, p. 29). No entanto, é preciso dizer que a RRD procura manter um compromisso com alguns detalhes históricos que se encontram divulgados na literatura como, por exemplo, as concepções dominantes, as atividades experimentais e os principais protagonistas.

De acordo com Lakatos (1971), a reconstrução de um episódio histórico por inspiração numa filosofia da ciência deve obedecer a certas metodologias normativas pelas quais é possível oferecer uma explicação racional do desenvolvimento do conhecimento científico. Na elaboração de uma RRD, portanto, é necessário omitir tudo o que é irracional diante da teoria da racionalidade adotada, selecionando fatos que são metodologicamente interpretados. Mais ainda, é possível adaptar comentários compatíveis com os programas científicos rivais nessa elaboração, como a 'pitada de sal' no sentido lakatosiano que se exemplificou no caso do programa de Bohr. Assim, a RRD que aqui se propõe elaborar com fins instrucionais obedece aos seguintes aspectos:

- A presença de duas ou mais teorias num mesmo campo científico é, em geral, a situação que antecede e desencadeia as mudanças científicas. Perante isso, à medida que os cientistas se vêem diante de um novo sistema teórico alternativo e, em grande parte incompatível com o primeiro, a partir do qual num passado mais ou menos remoto seus campos de pesquisa fundamentaram e desenvolveram-se, é certo que a escolha por algum destes sistemas sempre ocorre por uma avaliação mediante determinados critérios. Desse entendimento, a História da Ciência deve conter pelo menos duas posições teóricas rivais e sucessivas, caracterizando os critérios que influenciaram a aceitação da sucessora;
- Os postulados que constituem o núcleo de uma teoria devem ser apresentados como difíceis de serem refutados, pois neles os cientistas depositam grande confiança;
- Deve-se estabelecer contra-exemplos que caracterizem as dificuldades teóricas. Por meio de tais dificuldades, apresentar o surgimento de hipóteses auxiliares que

devem ser entendidas como tentativas para se obter sucesso, mantendo as concepções nucleares intactas;

- A avaliação teórica não ocorre entre a teoria e a experiência, sendo esta última juíza para a primeira, mas com testes entre pelo menos duas teorias e a experiência. Assim, somente após o surgimento de uma teoria rival sucessora que explique o êxito de sua rival e a suplante por uma demonstração adicional de força heurística é que se verifica a superação de uma teoria por outra.

É possível dizer que a RRD mostra-se coerente com uma tendência de inserções de reconstruções de episódios históricos no ensino de ciências. Niaz e Rodrigues (2002) mostram que *“a história da Física possui vários episódios que podem ser ‘reconstruídos’ para prover um ambiente de debates em sala de aula, estimulando controvérsias para compreender o que está sendo ensinado”*. Dobson (2000, p. 1) resgata alguns dos requisitos do novo Currículo Nacional Inglês, em que um destes destaca a importância dos alunos serem ensinados, aprendendo como controvérsias científicas surgem a partir de diferentes formas de interpretar uma evidência empírica. Perante isso, este autor levanta algumas questões: *“A história da Física pode prover tal relevância? Ela pode fornecer controvérsias interessantes que poderiam tentar/convidar o adolescente a pensar?”* Discutindo positivamente, esse autor afirma:

nós poderíamos possibilitar que algumas histórias fossem contadas com algum nível de drama, porém, é difícil para os professores produzirem muito entusiasmo em estudantes com idade entre quatorze e dezesseis anos por controvérsias entre Newton e Hooke, ou Newton e Leibnitz (ou entre Newton e a maioria de seus contemporâneos).

Pereira e Amador (2007, p. 193) afirmam que um exemplo de valorização da História da Ciência nesse sentido, em termos didáticos, pode ser recolhido numa das últimas obras do filósofo Paul Feyerabend na qual afirma que, em suas aulas de Filosofia da Ciência, contava ‘estórias/contos’, que não eram mais do que episódios de História da Ciência que procuravam dar ‘alma’ ao conhecimento científico.

Como as estratégias de Niaz (1998) e Rowell (1989) valorizam a aprendizagem racional dos conceitos científicos, é importante ressaltar que a RRD deste estudo é incorporada como um passo específico de uma estratégia^{vi} de ensino inspirada em Lakatos (1970), em que uma racionalidade esteja presente. Dessa forma, conforme já mencionado, uma primeira discussão racional pela RRD, fundamentada na

racionalidade deste modelo de reconstrução racional, pode vir a auxiliar o estudante a melhor acompanhar um posterior debate igualmente racional entre concepções alternativas e científicas.

A Estratégia de Ensino Lakatosiana

Lakatos (1970) estabelece critérios para analisar e concluir quando um programa de pesquisa se torna progressivo ou degenerativo em comparação com um rival. Uma vez compreendido o arcabouço teórico e empírico de ambos os programas, ao julgar seus méritos relativos, é comum que tais critérios de escolha façam com que o programa degenerativo ceda seu espaço para um rival mais progressivo. Por analogia, essa estratégia baseia-se na transposição do critério de escolha racional lakatosiano para o ambiente de sala de aula em momentos de instrução dos conceitos científicos. Ou seja, sempre que se crie uma dinâmica de discussões sobre as explicações e previsões das teorias, acredita-se que isso possa ser uma ferramenta que auxilie a aceitação dos novos conceitos pelos alunos (como em Niaz, 1998, e Rowell, 1989). Outras pesquisas (Laburú et al. 1998; Laburú e Niaz 2002;) já apontavam para essa direção ao afirmarem a possibilidade das concepções alternativas serem classificadas em programas alternativos que competem em termos explicativos com as rivais que o professor pretende ensinar, classificadas como programas científicos. Nesses últimos casos, um paralelismo foi estruturado a partir das heurísticas negativa (destinadas à preservação do núcleo do programa) e positiva (cinturão de hipóteses auxiliares). Uma aproximação mais completa sugere a estratégia de se seguir, por analogia, o critério de eliminação de teorias proposto por Lakatos, que diz que uma razão objetiva para uma escolha entre programas de pesquisa é proporcionada por um programa que explica o êxito anterior de seu concorrente e o suplanta por uma demonstração adicional de força heurística (Lakatos 1970, p. 191). Lakatos (ibid., p. 202) comenta que um sinal típico de degeneração de um programa é a proliferação de ‘fatos contraditórios’ que podem se originar de resultados experimentais incongruentes com as previsões e modelos derivados do programa. Assim, a presente proposta admite, juntamente com as orientações de Niaz (1998), uma analogia geral entre a metodologia dos programas de pesquisa científica de Lakatos e uma metodologia das concepções alternativas dos alunos diante das científicas.

De maneira mais objetiva do que faz Niaz (ibid.) e com a inserção da RRD, apresenta-se abaixo a seqüência de passos da presente estratégia de ensino:

- Passo 1: Revelar as concepções alternativas dos alunos em determinado conteúdo para encará-las como se fossem “programas”. Isso pode ser feito de várias maneiras, como avaliações usando questionários, questões orais e discussões em grupo, dentre outras. Essas concepções devem ser registradas pelo professor e serem somente usadas no passo 5;
- Passo 2: Apresentar duas teorias científicas rivais, preferivelmente, de modo a incluir aquela que se pretende ensinar. Discutir com os alunos os postulados (núcleo) de cada teoria e analisar as diferenças explicativas para certos fenômenos. Neste passo, é interessante que o professor escolha os fenômenos que ambas as teorias explicam, para que inicialmente os alunos as vejam igualmente fortalecidas. O objetivo aqui é tornar inteligível tanto a teoria científica atual como a teoria científica antecessora;
- Passo 3: Avaliar as inteligibilidades alcançadas no passo anterior. Isso pode ser feito por meio de uma folha com questões relativas ao assunto entregue ao aluno. Obviamente que o passo 2 deve ser bem trabalhado com os alunos para que um nível satisfatório das inteligibilidades seja alcançado para dar continuidade aos próximos passos;
- Passo 4: Apresentar a RRD para os alunos. Nessas discussões históricas também é possível reforçar as inteligibilidades das teorias científicas, mas o principal interesse é que as discussões de superação de uma teoria frente uma rival sejam direcionadas pela racionalidade inspirada nos critérios do falseacionismo lakatosiano, intencionadas em fortalecer o entendimento do estudante de tal racionalidade. Nesse sentido, ao realizar previsões de fenômenos com ambas teorias, o estudo deve alcançar uma interpretação da proliferação de fatos contraditórios à teoria científica antecessora. Isso por estabelecer fenômenos cujas interpretações permitem contradições com aquelas em que essa teoria foi vista fortalecida no passo 2. Já para a teoria científica atual não há essa proliferação. Logo, analogamente, procura-se provocar um entendimento de degeneração (enfraquecimento) de uma teoria frente uma rival, fundamentando-se no critério do grau de explicações sem

contradição. Uma maneira prática é estabelecer leituras da RRD para discussão;

- Passo 5: Da mesma forma como se conduziu racionalmente a discussão pela RRD, agora se inicia a discussão racional entre concepções alternativas e a teoria científica que foi vencedora no passo anterior. Essa racionalidade tem a pretensão de orientar a aceitação de novas concepções. Para isso, neste passo o professor apenas resgata e apresenta aos alunos quais concepções alternativas foram encontradas no passo 1 e as compara com a teoria científica, então inteligível. Realizam-se confrontos entre as explicações e previsões que as concepções alternativas e a teoria científica fazem sobre os fenômenos, buscando clarear as interpretações de ambas;
- Passo 6: Em consequência do passo 5, aqui é importante estabelecer uma insatisfação com o programa alternativo da mesma forma como se tentou com o programa degenerativo da RRD no passo 4. A anomalia emerge quando, na resolução de um determinado problema científico através da teoria aceita, surge uma dificuldade conceitual ou empírica que outra teoria não manifesta. Esta última então, torna-se candidata natural à aceitação pela comunidade científica. Segundo Villani et al. (1997, p. 40), na aprendizagem, a anomalia gera insatisfação em relação ao senso comum, e se manifesta quando tais concepções não conseguem dar conta do objetivo do estudante, mas as do conhecimento científico conseguem. Para que as comparações entre as teorias, então esclarecidas, continuem sendo realizadas, pode existir uma alternância entre momentos de diálogos e outros mais de transmissão direta do conhecimento. Como as experiências são cruciais para provocar conflitos cognitivos e controvérsias e que, dependendo da intervenção racional do educador e estando uma vez inteligível o programa científico, é possível favorecer o convencimento e a tomada de decisão nos aprendizes para a escolha da melhor teoria (Rowell, 1989). É a partir de então que o professor, após ter fortalecido seus argumentos pelos resultados experimentais, procura enfraquecer o núcleo do programa alternativo ao seguir a analogia com o critério de eliminação de teorias. Lembrando a principal recomendação de Niaz (1998) nesse sentido: *“a complexidade cognitiva das convicções nucleares pode ser quebrada por uma série de questionamentos. Isso pode ser*

facilitado quando são distinguidas as concepções nucleares, que são mais resistentes a mudanças, de suas explicações auxiliares". Assim, com maior força heurística e se tornar teoricamente e empiricamente progressivo, o programa científico deve ter prestígio para ser aceito com maior facilidade pelos estudantes de forma objetiva e racional;

- Passo 7: Uma segunda avaliação é feita. Esse passo serve para verificar se os aprendizes realmente adquiriram o novo compromisso epistemológico racionalmente, isto é, se assimilaram a nova concepção. O que pode ser verificado através da frutificação de explicações compatíveis com a teoria científica.

Contudo, é necessário afirmar que o processo de ensino assim estruturado a partir de detalhes específicos da epistemologia de Lakatos limita-se a uma analogia que precisa ser mais bem discutida. Em Laború & Silva (2001), há a insistência de que não é possível defender uma transferência automática da dinâmica dos programas de pesquisa das ciências empíricas para a dinâmica do pensamento dos alunos em ambiente de aprendizagem, pois este é um ambiente totalmente diferente do científico. Laború & Silva (ibid.) citam vários autores que apóiam a tese de que não existe uma necessária conexão funcional epistemológica entre o "fazer ciência" e os métodos pelos quais ela é aprendida e, principalmente, ensinada para os não-cientistas^{vii}.

Essa estratégia de ensino inspirada em Lakatos (1970 e 1971) permanece, novamente insistindo, dentro de uma analogia que também apresenta pontos fracos. As experiências realizadas em classe podem se aproximar muito mais de experiências cruciais em que Lakatos especifica a ocorrência de modelos monoteóricos (Lakatos 1970, p. 158) do que o que ele propõe como modelos pluralísticos de teste, em que várias teorias, mais ou menos dedutivamente organizadas, estão soldadas uma nas outras^{viii}. Deve-se entender, portanto, que não é mais do que uma analogia, ou aproximação, categorizar as concepções alternativas dos alunos como programas. Mais ainda, se as experiências realizadas em classe tendem a se tornar cruciais, há, então, uma incompatibilidade com as reflexões de Lakatos, pois, sua interpretação da história da ciência revela que é somente por meio de uma longa visão retrospectiva que se denomina uma experiência de "crucial". É somente quando um programa de pesquisa, assim chamado progressivo, ao possuir um excesso de conteúdo empírico

comparativamente com outro (assim degenerativo), possui uma corroboração de seu conteúdo empírico adicional. Em situação real de sala de aula, procura-se encurtar (muito) esse processo. Além do mais, Lakatos (apud Niaz 1998, p. 123) enfatizou que, na ciência, o núcleo de um programa se desenvolve lentamente por um processo preliminar longo de tentativa e erro e não emerge completamente armado como 'Atenas na cabeça de Zeus'. Contrariamente, no processo de ensino, o professor é o possuidor do conhecimento científico, assim como os livros. Por isso, as novas concepções estão disponíveis e podem ser apresentadas para os alunos, surgindo muito mais rápidas do que na atividade científica.

Viabilidade da proposta

A viabilidade de aplicação do principal detalhe desta estratégia vem a ser a inclusão da RRD, pois os outros passos já foram divulgados na literatura (Niaz, 1998; Rowell, 1989; Posner et. al. 1982). Uma característica favorável a tal viabilidade no processo de ensino/aprendizagem de conceitos de Física está no fato da história dessa Ciência possuir vários episódios que podem ser 'reconstruídos' com muitas controvérsias interessantes para estimular/convidar o adolescente para pensar (Dobson, 2000; Niaz e Rodriguez, 2002).

Um exemplo de sua aplicação pode estar voltado para o ensino dos conceitos de calor e temperatura no ensino médio. Primeiramente é necessário escolher pelo menos dois programas de pesquisa rivais da história da física, por exemplo, a teoria do calórico e a teoria cinético-molecular da matéria. A partir daí, o professor deve apresentar os modelos e explorar seus postulados básicos, apresentando-os como invioláveis, cuja filosofia implícita entende como concepções centrais, núcleos de programas de pesquisa por analogia com a heurística negativa. Seguindo o passo 2, o professor deve escolher fenômenos que ambas teorias explicam sem contradizer seus postulados. Posteriormente, o professor poderá 'abusar' de sua criatividade para ilustrar de forma racional (por inspiração no falseamento lakatosiano) como o programa de pesquisa cinético-molecular tornou-se progressivo diante de seu rival, então, degenerativo, por analogia ao sinal típico de degeneração de um programa que se comentou em seções anteriores. Nessa ocasião, contrariamente ao que se fez no passo 2, deve-se discutir fenômenos em que as interpretações enfraquecem os

postulados da teoria calórica, enquanto fortalecem os da rival cinético-molecular. Nesse sentido, o professor pode ser auxiliado por uma RRD elaborada para auxiliar o entendimento de seus alunos em relação à racionalidade que direciona a tomada de decisão para escolher a teoria vencedora. Dessa maneira, quando em passos posteriores da estratégia confrontar as concepções alternativas dos alunos com as científicas, então vencedoras na RRD, ficará mais fácil “energizar” a racionalidade para auxiliar o aprendizado racional como propõem Niaz (1998) e Rowell (1989).

Conclusões

O principal destaque da estratégia de ensino lakatosiana apresentada refere-se à função que a RRD deve assumir, quando inserida no momento específico do processo. Discutiu-se que a intenção neste trabalho é que sua função seja de melhor preparar o aluno para uma posterior discussão racional entre as concepções rivais (alternativas e científicas), que as estratégias de Niaz (1998) e Rowell (1989) já estabeleciam de maneira mais direta, auxiliando os processos de ensino e de aprendizagem. Frente a essas últimas estratégias, a aqui mostrada encontra-se fortalecida, visto que na literatura existem advertências (Mathews 1994, p. 86; Villani et al. 1997, p. 41) para a ingênua suposição da existência de algum modelo racional muito enraizado nos estudantes. Isto justifica a importância de se preparar de algum modo os estudantes para debates racionais. Nesse sentido, este estudo oferece uma alternativa possível através da RRD sobre inspiração nas idéias de Lakatos (1970 e 1971). Assim sendo, mostrou-se coerência também com a recomendação de Niaz (1998, p. 123), ou seja, para que novos estudos fossem desenvolvidos, visando fortalecer sua estratégia racional de ensino fundamentada em Lakatos (1970).

Referências bibliográficas

- ASSIS, Jesus de Paula. Kuhn e as ciências sociais. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 7, n. 19, 1993. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141993000300004&lng=en&nrm=iso>. Último acesso em 08 de outubro de 2007.
- BROWN, H. I. Judgment and Reason: Responses to Healy and Reiner and Beyond, *The Electronic Journal of Analytic Philosophy* 2:5, 1994.
- BROWN, H. I. More about Judgment and Reason. *Metaphilosophy*, vol. 37, no. 5, ps. 646-651, October 2006.
- CHALMERS, A. F. *O que é ciência afinal?* Editora Brasiliense, São Paulo-SP, 2000.

- DOBSON K. Is physics debatable? *Phys. Educ.* 35 1 (2000).
- IZQUIERIDO-AYMERICH, M.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Epistemological Foundations of School Science. *Science & Education* 12, 27-43 (2003).
- LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Os programas de Lakatos: uma leitura para o entendimento da construção do conhecimento em sala de aula em situações de contradição e controvérsia. *Ciência e Educação*, 5, 2, 23-38, 1998.
- LABURÚ, C. E. & NIAZ, M. A Lakatosian Framework to Analyze Situations of Cognitive Conflict and Controversy in Students' Understanding of Heat Energy and Temperatura. *Journal of Science Education and Technology*, vol. 11, no 3, September, 2002.
- LABURÚ, C. E. & CARVALHO, M. *Educação Científica – Controvérsias Construtivistas e Pluralismo Metodológico*. Eduel - Editora da Universidade Estadual de Londrina, Londrina (2005).
- LABURÚ, C. E. & SILVA, O. H. M. Uma leitura lakatiana para a análise de situações de controvérsias e conflitos cognitivos (uma aplicação durante a aprendizagem de cinemática angular). *Trabalho apresentado no XIV Simpósio Nacional de Ensino de Física*, realizado no período de 02 a 06 de julho em Natal/RN (2001).
- LAKATOS, I. O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica. In Lakatos & Musgrave (Eds.): *A Crítica do Desenvolvimento do Conhecimento*, 109-243. Cultrix/EDUSP, São Paulo, 1970.
- LAKATOS, I. History of Science and its Rational Reconstruction – *Boston Studies in the Philosophy of Science* 8: 91-136, 1971.
- MÄNTYLÄ, T.; KOPONEN, I. T. Understanding the Role of Measurements in Creating Physical Quantities: A Case Study of Learning to Quantify Temperatura in Physics Teacher Education. *Science & Education* 16, 291-311 (2007).
- MATHEWS, M. R. *Science Teaching – The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge (1994).
- NIAZ, M. A Lakatosian Conceptual Change Teaching Strategy Based on Student Ability to Build Models with Varying Degrees of Conceptual Understanding of Chemical Equilibrium. *Science & Education*, 7: 107-127, 1998.
- NIAZ, M. & RODRÍGUEZ, M. A. Improving learning by discussing controversials in 20th century physics. *Physics Education*, 59-63, jan. 2002.
- PEREIRA, A. I.; AMADOR, F. A história da ciência em manuais escolares de ciências da natureza. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 6 Nº 1 (2007).
- POSNER, G., STRIKE, K., HEWSON, P., & GERTZOG, W. 'Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change', *Science Education* 66, 211-227, 1982.
- REINER, R. "The Rationality of Authority: Healy and Brown on Expertise". *The Electronic Journal of Analytic Philosophy* 2:3, 1994.
- ROWELL, J. A. Piagetian Epistemology: Equilibration and the Teaching of Science. *Synthese*, 80, p. 141-162, 1989.
- SIEGEL, H. Rationality and Judgment. *Metaphilosophy*, vol. 35, no. 5, ps. 597-613, October 2004.
- STIPCICH, S. & TOLEDO, B. Una analogía estructural entre Toulmin y Vigotsky como aporte para desarrollar diseños curriculares. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 18, no 1: p. 41-51, abr. 2001.
- TERRA, P. S. O ensino de Ciências e o professor anarquista epistemológico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 2: p: 208-218, ago. 2002.

VALENTE, M. Contributo da história e filosofia das ciências para o desenvolvimento do gosto pelo conhecimento científico. *Enseñanza de las ciencias*, número extra, VII Congresso (2005). Site:

http://enciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/comuni_orales/1_ense_ciencias/1_3/Valente_865.pdf. Último acesso em 9 de agosto de 2007.

VILLANI, A.; BAROLLI, E.; CABRAL, T. C. B.; FAGUNDES, M.; YAMAZAKI, S. C. Filosofia da ciência, história da ciência e psicanálise: analogias para o ensino de ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 14, no 1: p. 37-55, abr. 1997.

ⁱ As teorias filosófico/epistemológicas acerca da racionalidade diferem no papel atribuído ao julgamento baseado em argumentação racional, em que a noção de regras tem sido um assunto de intenso escrutínio filosófico. Brown (1994, 2006) vem defendendo o modelo de julgamento de racionalidade de Reiner (1994) e Siegel (2004), ao passo que Siegel (ibid.) propõe um modelo híbrido de racionalidade. Não se pretende aqui aprofundar discussões teóricas nesse sentido, mas, ao se inspirar no critério racional (universal e atemporal – que será explicitado na seção da apresentação desta estratégia) latatosiano de avaliação e escolha entre programas de pesquisa rivais para auxiliar a educação racional de conceitos científicos, pode-se dizer que a estratégia aqui proposta tende para o modelo clássico de racionalidade. Por modelos clássicos de racionalidade entende-se o modelo adotado pelos neo-positivistas e por Popper, em que a razão se apóia em regras atemporais e, em última instância, explicitáveis (Assis, 1993). É preciso dizer que, embora o modelo clássico de racionalidade tenha sido altamente criticado por desconsiderar o papel do julgamento na argumentação racional, a necessidade da conformidade com regras daquele modelo é resgatada no recente modelo híbrido de Siegel (2004, p. 609). Isso porque ele admite que “*a racionalidade é satisfazer critério(s), é normativa pelo menos em certa extensão, e mostra o que é merecedor de convicção, ou decisão*”, e defende que a racionalidade é uma “*função de razões, critérios, consistência e (assim) regras*”. Esse modelo de Siegel (ibid.) é discordante daqueles de teóricos como Govier (apud Siegel 2004) que, na defesa do modelo de julgamento de Brown (1994), entende que “*somente cumprir regras universais não é a racionalidade*”. Desse impasse teórico, portanto, nada impede o entendimento de que o ensino racional seja aquele em que se estabeleça um aprimoramento do conhecimento de lógica (em que haja a conformidade com critérios e regras) nos alunos para auxiliá-los na maneira como eles aprendem os conteúdos científicos estudados.

ⁱⁱ O programa de pesquisa de Newton, por exemplo, continha em seu “núcleo” as três leis do movimento e a Lei da Gravitação Universal.

ⁱⁱⁱ Capacidade de um programa de pesquisa em antecipar teoricamente fatos novos, como, também, recém interpretados em seu crescimento. É interessante dizer que um fato novo pode ser um fato improvável, ou mesmo proibido por outra teoria rival (Lakatos, 1970, p. 142).

^{iv} Para Lakatos (1971, p. 105), a história interna ou reconstrução racional prevalece sobre a história externa porque a maioria dos problemas importantes da história externa se define mediante a história interna.

^v Lakatos afirma que um dos mais interessantes problemas da história externa é especificar as condições psicológicas e, certamente, sociais que são necessárias para tornar possível o progresso científico. No entanto, ele critica que elas nunca são suficientes, pelo fato de que na simples formulação do problema “externo” é preciso que se inclua alguma teoria metodológica, alguma definição de ciência. Assim, a história da ciência é uma história de acontecimentos que são selecionados e interpretados de uma maneira normativa.

^{vi} Apresentada em seguida.

^{vii} Visto que nesta ocasião não se propõe a apresentação explícita da Filosofia de Lakatos em sala de aula. A inclusão filosófica ocorre em limites e, acima de tudo, implícita nas discussões.

^{viii} Mais especificamente, uma série de teorias. Ou na maior definição, um autêntico programa de pesquisa.

DATA DE RECEBIMENTO: 27/04/2007

DATA DE APROVAÇÃO: 03/10/2007

DATA DE VERSÃO FINAL: 17/10/2007