

Ensino de ciência: mudanças conceituais

Claudemir Roque Tossato

Doutor e Mestre em Filosofia pela Universidade de São Paulo, graduado em Filosofia pela mesma instituição e Professor do Centro Universitário FECAP.

Resumo: Este artigo apresenta a importância e a influência que as discussões providas do debate acerca de dinâmicas de teorias científicas têm no ensino de ciências. O artigo tem como base os estudos feitos por J. Nussbaum, em seu texto “Classroom conceptual change: philosophical perspectives”.

Palavras-chave: ciência, filosofia da ciência, ensino de ciência.

O ensino de ciências naturais em sala de aula depara-se com problemas relativos à transmissão do professor aos alunos das teorias relevantes das ciências naturais. Esses problemas explicam-se pelas dificuldades que os alunos têm para compreender a mudança conceitual que a aprendizagem teórica da Física, da Astronomia, da Biologia etc. apresenta em relação às crenças que ele (aluno) aprendeu em sua infância e que o acompanham em sua vida. Desse modo, compreender, por exemplo, que a Terra não é o centro do universo, mas que é simplesmente um planeta como qualquer outro, girando em torno do Sol, ou que é o átomo o constituinte básico da matéria, e não a matéria bruta observada, ou mesmo a teoria da evolução, implica numa ruptura com os dados imediatos dos sentidos do aluno; ruptura necessária para chegar ao entendimento das teorias de uma forma abstrata. Assim, essa modificação conceitual envolve basicamente uma perspectiva filosófica, isto é, envolve uma substituição acerca daquilo que o aluno crê e observa por aquilo que de fato lhe dá conhecimento melhor fundamentado.

Esse problema, que pode ser denominado de “mudança conceitual no ensino de ciências”, levou, entre outros, Joseph NUSSBAUM a escrever um texto (1989) no qual ele apresenta a tese de que as mudanças ocorridas dentro do processo de obtenção das metodologias e avaliações científicas, área de trabalho da filosofia das ciências, fornecem elementos para o ensino de ciências em sala de aula. As mudanças nos enfoques filosóficos,

Abstract: *This article present the importance and influence that the discussions proceeds from debate about of the dynamics of theorys to have in the teaching of sciences. The article to have as basis the studys achieved for J. Nussbaum, in his text “Classroom conceptual change: philosophical perspectives”.*

Key-words: *science, philosophy of science, teaching of science.*

principalmente em relação ao papel da racionalidade dentro do processo de obtenção de metodologias científicas, permitiram às ciências construir novos procedimentos de conhecimento contrários à tese da verdade verificada de uma forma concludente ou provável, substituindo tal visão pela construção de métodos que procuram admitir outros elementos além do que nos são fornecidos pelo padrão da lógica formal. Nesse sentido, o papel do sujeito cognoscente deixa de ser meramente passivo e passa, em contrapartida, a ser o elemento ativo na aquisição do conhecimento de cunho científico. Nussbaum aplica essas teses metodológicas oriundas da especulação científica para a obtenção de estratégias de ensino de ciências em sala de aula, privilegiando, como resultado final, o papel fundamental que o próprio aluno tem no ato de alcançar uma compreensão do processo de construção científica.

O objetivo deste artigo é relatar, mesmo que brevemente, os principais tópicos da postura de Nussbaum, destacando, num primeiro momento, as mudanças conceituais dentro do processo de obtenção de metodologias de avaliação de teorias científicas para, num segundo momento, aplicar tais mudanças no processo de ensino de ciências em sala de aula.

A mudança conceitual nas metodologias científicas

Até o final do século XIX, a construção do conhecimento científico tinha como pilar para a elaboração de seus métodos a

concepção de verdade herdada do racionalismo clássico. O racionalismo clássico, proveniente da revolução científica dos séculos XVI e XVII, admite que o conhecimento científico adquirido pelos seres humanos pode ser comprovado ou rejeitado. Basicamente, o racionalismo clássico admite as seguintes teses acerca do conhecimento científico: 1) a sua natureza é a certeza; 2) cabe um valor de verdade para os enunciados científicos, isto é, um enunciado é verdadeiro ou falso; 3) existe uma base última e inequívoca do conhecimento (dada pelos sentidos ou pelo intelecto); 4) o método científico decide conclusiva ou probabilisticamente sobre a verdade ou a falsidade dos enunciados científicos.

Mediante essas quatro teses do racionalismo clássico, o conhecimento científico é obtido, sendo que a base de conhecimento é dada, por um lado, pelos dados dos sentidos, para os adeptos da corrente empirista ou positivista lógica - que constroem o conhecimento aceitando os dados fornecidos pelos sentidos e pelas experiências através do método indutivo, - ou, por outro, pelo intelecto, para os que advogam a vertente intelectualista - que se utilizam das idéias inatas, ou categorias *a priori*, como base do conhecimento, operacionalizando tal base mediante o método dedutivo. Mas, tanto para os primeiros quanto para os últimos, a verdade pode ser obtida, bastando, para tanto, seguir corretamente os seus métodos

Dessa postura adotada pela visão do racionalismo clássico para o conhecimento científico, considerou-se o sujeito do conhecimento como *passivo*, isto é, esse sujeito não age na obtenção do saber científico, basta apenas que ele, estando bem aparelhado epistemológica e metodologicamente, pelas teses expostas acima, obtenha, “descubra”, os enunciados verdadeiros ou falsos acerca do mundo. Assim, conhecer o mundo cientificamente é, para o racionalismo clássico, decifrar aquilo que está escondido de nós e, para tanto, o homem deve seguir corretamente uma metodologia, que bem aplicada chegará à verdade ou à falsidade das coisas ainda desconhecidas.

Essa postura do racionalismo clássico produziu, principalmente, a mecânica newtoniana, que forneceu uma teoria explicativa sobre o mundo terrestre e celeste satisfatoriamente

adequada para a resolução dos problemas físicos. Desse modo, a confiança no racionalismo clássico obteve um alto grau, chegando-se a afirmar que o homem é suficientemente apto para descrever a realidade do mundo.

Porém, no início do século passado, principalmente com a teoria da relatividade e a mecânica quântica - que mostraram os limites da mecânica newtoniana, pois esta não é a explicação última do universo físico -, a admissão do racionalismo clássico como apto a descrever o mundo corretamente foi posta em dúvida; dúvida essa centrada na impossibilidade de obtermos conhecimento concludentemente (ou provavelmente) verdadeiro. A comunidade científica e os epistemólogos começaram a procurar novas formas de obtenção de conhecimento, dando-se o nome para essa procura de *construtivismo*.

O construtivismo parte da tese de que o conhecimento não pode ser concludentemente provado, mas sim que ele é uma construção humana (portanto, subjetiva). Assim, a obtenção científica alicerça-se nas tentativas humanas de construir o mundo e não na tradução correta do que é o mundo. Os enunciados científicos são, em última análise, conjecturas acerca da realidade ou modelos de realidade que podem ser reformulados conforme o progresso científico ocorra.

Segundo essa visão, o construtivismo admite as seguintes teses sobre o conhecimento científico: 1) o conhecimento não é provado e nem descoberto; 2) o conhecimento é uma construção da mente humana; 3) as teorias precedem as observações; 4) podemos reformular constantemente as nossas teorias.

Essas teses já tinham sido esboçadas por Kant, quando este admite que o homem nada pode dizer sobre a coisa em si (realidade última das coisas e do mundo) restringindo-se somente aos fenômenos dados à sua sensibilidade e ao seu entendimento; porém, na filosofia kantiana, o homem está preso às suas categorias do pensamento e ao seu espaço e ao seu tempo, dando ao conhecimento um caráter rígido; para Kant, o homem não pode sair do que as categorias do entendimento e as informações do espaço-tempo impõem. O construtivismo, por outro lado, não deixa o homem preso às categorias do pensamento, permitindo mudanças nos referenciais acerca do mundo.

Para os filósofos do construtivismo, especialmente Popper, Kuhn e Lakatos, as teorias científicas procuram dar aos homens uma explicação sobre os acontecimentos do mundo, físico ou social. Essas teorias não representam a verdade concludente ou probabilisticamente provadas, mas são teorias que podem mudar conforme as necessidades exigirem.

Para POPPER (1974; 1982), o conhecimento científico progride pela substituição de teorias, sendo que o critério de substituição é dado pelo caráter de teste de teorias. Em outras palavras, as teorias que suportarem os testes empíricos devem ser aceitas, até que essas sejam refutadas por futuros testes empíricos, substituídas por outras, num progresso ininterrupto. Os critérios popperianos são determinados pela lógica dedutiva; portanto, sua posição é determinada por um procedimento interno; ele constrói a ciência mediante um processo normativo.

Tomas KUHN (1994), por outro lado, diminui a importância da lógica dedutiva no processo de aquisição de conhecimentos. Os critérios normativos funcionam no período de ciência normal, mas, nos grandes momentos de revoluções científicas, outros são importantes e decisivos, tais como a personalidade do cientista, os processos sócio-psicológicos da comunidade científica, prevalecendo as concepções sociais, as condições institucionais, pressões políticas etc. Para Kuhn, não existem critérios normativos para selecionar teorias, mas sim problemas propostos por um grupo de teorias preso a um paradigma que conduzem o processo de trabalho nas ciências. Assim, as teorias são substituídas de acordo com as necessidades que o trabalho científico apresenta, não sendo determinante o fato de uma teoria ter sido refutada pelos testes empíricos.

Em uma posição intermediária a Popper e Kuhn, encontra-se LAKATOS (1979). A sua posição é, basicamente, a aceitação de programas de pesquisas científicas que englobam teorias distintas. Nesses programas, as teorias que fazem parte do seu escopo defendem o núcleo básico, isto é, defendem o elemento que não pode ser mudando para a manutenção do programa. O progresso científico ocorre quando teorias são examinadas à luz do conhecimento existente e dos testes feitos. Sendo assim, os critérios de seleção serão os normativos, para escolher teorias

rivais, mas a teoria refutada não é abandonada, ela pode funcionar de acordo com o contexto ao qual ela foi proposta. Para Lakatos, as teorias científicas defendem o programa ao qual elas pertencem, gerando um embate de programas de pesquisa científica.

Através desses procedimentos metodológicos, nota-se a mudança da noção de racionalidade surgida da passagem do racionalismo clássico para o construtivismo. Para o primeiro, a racionalidade é um procedimento formal e o ser humano apenas aplica as regras universais e absolutas dadas pela lógica, obtendo, com isso, uma decisão sobre a verdade ou a falsidade das asserções científicas. Para o construtivismo, de um outro modo, a racionalidade é entendida como um processo atual, no qual os seres humanos mudam as suas idéias, conceitos e cursos das suas ações, sendo influenciados não apenas pelos fatores da lógica formal, mas também pelos fatores sociais, psicológicos etc., que, de uma certa forma, impedem que as decisões sobre a verdade ou falsidade das asserções científicas sejam dadas de um modo conclusivo. Em outras palavras, no construtivismo, a decisão não é feita apenas sob o ponto de vista lógico, mas sim pelas necessidades que levam à substituição de teorias.

O construtivismo não tem como objetivo a destruição da racionalidade, mas vai contra o modelo de racionalidade erigido durante o período clássico (decisão com certeza). O construtivismo fornece um novo modelo de racionalidade.

Com a tese de que não podemos decidir com certeza absoluta sobre a verdade ou a falsidade das asserções científicas, temos um novo enfoque para o papel do cientista. No período clássico, o cientista podia dar as decisões por ele mesmo (pois o método e a base do conhecimento garantiam tal coisa), mas, com o construtivismo, ele passa a fazer parte da comunidade científica, e é essa que está encarregada de tomar as decisões de aceitabilidade do conhecimento científico.

Mediante essa visão construtivista, na qual a racionalidade torna-se menos rígida, temos os elementos para a construção das estratégias para o ensino de ciências em sala de aula, pois, segundo Nussbaum, o modo que o aluno entende a racionalidade científica é extremamente importante, pois:

Ela [a racionalidade científica] afeta a imagem da ciência que os alunos concebem mediante os textos, ensinados em sala de aula e nos laboratórios. Ela também é relevante para o nosso entendimento dos problemas psicológicos envolvidos no ensino de ciências. Nossas diferentes teorias acerca da racionalidade conduzem, por natureza, a diferentes questões de pesquisa e podem, assim, afetar (influenciar) diferentes projetos na educação da ciência (NUSSBAUM, 1989, p. 533).

Dessa nova forma de se entender a racionalidade pelo construtivismo, apresentaremos, a seguir, algumas estratégias para que o aluno obtenha uma mudança conceitual no ensino de ciências em sala de aula.

Mudança conceitual no ensino de ciências

Vejamos como as teses do racionalismo clássico influenciam o processo de aprendizado de ciências.

Segundo o empirismo, temos conhecimento quando fazemos observações cuidadosas e usamos corretamente as regras da lógica, acumulando o conhecimento indutivamente. Nesse sentido, quando o estudante tem uma interpretação diferente das interpretações aceitas pela comunidade científica, isto é, quando ele não compreende uma determinada asserção científica aceita, ele está errado (cometeu um erro); e esse erro foi fruto ou de uma “observação” errada, ou do fato de ele não inferir a asserção corretamente. Assim, é fundamental evitar erros de observações e ter uma precisa aplicação da lógica indutiva. O Behaviorismo é a vertente psicológica do empirismo.

Para os adeptos da vertente intelectualista, em especial os kantianos, o conhecimento é construído pela mente através da estrutura mental que estabelece as categorias lógicas do pensamento *a priori*. Assim, aplicações corretas dessas categorias levam o aluno a se aproximar da verdade. Piaget é um dos grandes seguidores dessa linha kantiana. Sua principal marca é o paralelismo entre a história da ciência e as concepções das crianças a respeito dos fenômenos naturais. Do mesmo modo que o desenvolvimento do conhecimento científico passou por períodos em que não havia compreensão dos processos lógicos envolvidos para se chegar à verdade, também as crianças passam por estágios nos quais elas não se utilizam corretamente das categorias lógicas de suas mentes. Quando a criança atinge um

pleno desenvolvimento da lógica, ela pode eliminar os erros de interpretação. Tanto para o empirismo quanto para o intelectualismo, o aprendizado é feito de uma maneira passiva, isto é, o aluno deve se esforçar para obter o conhecimento, seja observando corretamente, seja aplicando as suas estruturas inatas adequadamente. Não entra em consideração as experiências anteriores do aluno e nem a sua concepção atual sobre o assunto que está estudando.

Vejamos agora a posição do construtivismo frente à aprendizagem.

Durante a década de 1970, as críticas contra as posturas empiristas e intelectualistas, no que concerne aos estudos sobre ensino de ciências, geraram uma série de pesquisas relativas às concepções dos estudantes sobre o conhecimento científico. Tais pesquisas foram enriquecidas pela filosofia construtivista. Essa postura considera o estudante como uma figura ativa no processo de conhecimento científico. Foi proposto, a partir dessa posição, que o desenvolvimento cognitivo do aluno envolve mudanças qualitativas em sua estrutura conceitual. A noção de *concepção errônea* (do empirismo e do intelectualismo) foi substituída pela idéia de *estrutura alternativa do estudante*, para fortalecer o significado que o estudante dá às coisas no processo de aprendizado.

Através dessa nova postura frente à aprendizagem de ciências, foi possível construir novas estratégias de ensino, todas elas procurando desenvolver os conteúdos prévios que os alunos apresentam. Nussbaum salienta três pontos tratados dentro do processo de ensino, segundo esse enfoque construtivista. Em todos eles, o que se ressalta é a necessidade dos alunos alcançarem, por si mesmos, uma modificação conceitual gradativa.

O primeiro diz respeito à lógica e à racionalidade. A questão pode ser posta da seguinte forma: 1) todas as versões do construtivismo pretendem que o professor e as atividades curriculares façam que os estudantes construam os seus próprios significados acerca do material de estudo. 2) mas, como poderemos levá-los a mudar os seus conceitos, isto é, a obterem um progresso lógico e racional, quando os conceitos atuais dos alunos não estão em conformidade com o que o ensino pretende? Diversas respostas foram dadas, algumas das mais importantes são expostas abaixo.

Para os popperianos, isso se dá pela lógica da experimentação. Os alunos devem testar as suas concepções atuais (suas hipóteses) e refutá-las mediante a lógica dedutiva. Na concepção popperiana, as seqüências de instrução devem ser feitas de modo que os estudantes alcancem conclusões, aceitando ou rejeitando hipóteses.

Para os defensores das posturas de Kuhn ou de Lakatos, a mudança conceitual não ocorre necessariamente pela lógica. Deve-se considerar algo em adição a ela, incluindo dinâmicas de grupo em sala de aula. Além disso, as seqüências de instrução devem ser construídas de uma maneira tal que os estudantes movam-se gradualmente para a teoria, sem exigir uma conclusão imediata.

Se o problema referente a um fenômeno natural, segundo Nussbaum, for levantado de uma forma estimulante, seguida pela discussão das crenças dos estudantes, fazendo-se um debate acerca destas, então as crianças mais novas e menos preparadas poderão demonstrar um genuíno interesse intelectual, desenvolvendo boas idéias, isto é, operando uma mudança conceitual.

O segundo ponto está relacionado aos conflitos entre teorias e contra-evidências que os alunos podem ter durante o processo de aprendizagem. A questão é saber qual é a reação do aluno ao aprender uma determinada teoria com o aparecimento de exemplos que contrariem essa teoria.

Para Popper, as teorias são falsificadas e rejeitadas mediante experimentos cruciais, isto é, as experiências e testes de teorias mediante contra-evidências factuais levam a um estado de conflito, sendo que esses conflitos são superados pela rejeição, pela falibilidade das teorias, ocasionando, desse modo, mudança conceitual. Segundo Nussbaum, a posição de Popper acerca desse problema pode ser posta da maneira expressa abaixo:

Por um longo tempo foi aceito que a acomodação cognitiva requer experiências que invocam um estado de conflito no estudante. Foi assumido que o estado de conflito provoca uma tendência natural a recuperar o estado de equilíbrio, e que esse pode conduzir a uma acomodação cognitiva, aparecendo como uma imediata mudança nos conceitos (NUSSBAUM, 1989, p. 537).

Kuhn e Lakatos, contudo, não são tão otimistas assim. Segundo eles, nem mesmo em um cientista maduro ocorrem tais conflitos. Eles concordam que existem diferentes mecanismos para rejeitar teorias, mas não mediante os experimentos cruciais, pois sempre é possível salvar uma teoria postulando hipóteses *ad hoc*, isto é, hipóteses auxiliares.

Porém, Lakatos admite que se pode ganhar algo com os experimentos cruciais. Segundo ele, um experimento é considerado crucial apenas no contexto de competição entre duas ou mais teorias; assim, pode-se ter mudança conceitual quando o aluno nota as vantagens de uma e as desvantagens de outra ou outras.

Nussbaum nos apresenta, acerca dessa questão, aplicações dessa estratégia em sala de aula. Num primeiro estágio, os alunos foram encorajados a apresentarem (elucidarem) concepções rivais sobre um determinado fenômeno científico. Em seguida, essas concepções passaram por uma avaliação mediante elementos de teste (eventos críticos, ou contra-exemplos que falseariam uma ou as duas concepções). Essa estratégia obteve resultados satisfatórios ao gerar mudança conceitual no grupo. Assim, a natureza dos conflitos gerados pelos experimentos cruciais é digna, ao menos, de nota.

O terceiro ponto analisado por Nussbaum refere-se à questão de saber se a mudança conceitual ocorre de uma maneira revolucionária, como defende Kuhn, onde o processo determina uma troca de *gestalt*, ou pela visão evolucionária, que postula a ocorrência de modificações graduais, observando-se mudanças de conceitos particulares. Segundo Nussbaum, muitos estudos acerca da educação mostram paralelos com essa última postura.

Alguns estudos do próprio Nussbaum consideram que ocorrem mudanças conceituais de uma forma gradativa, evolucionária. Analisando duas diferentes áreas da ciência, foi registrado que cada mudança conceitual foi formada através de um modelo no qual o estudante mantém elementos substanciais da antiga concepção, incorporando, gradualmente, elementos individuais da outra.

Desse modo, visto que o ensino de qualquer curso científico é constituído de passos seqüenciais, podemos perceber que em qualquer curso científico pode-se ter a formação mediante

um modelo que gera mudanças graduais.

Nussbaum fornece como exemplo de comprovação de mudanças graduais o próprio trabalho de um dos maiores expoentes da história da ciência. Galileu atacou a distinção tradicional entre física e astronomia (física terrestre e astronomia celeste), mantendo, todavia, a crença aristotélica de movimentos circulares e uniformes, ignorando a forma elíptica de movimentos dada por Kepler.

Assim, se a mudança conceitual é um processo evolucionário, então poderemos, talvez, expor para as ciências idéias mais antigas das atuais, de modo a dar tempo para a assimilação, desenvolvendo o processo. Em outras palavras, se admitirmos que no processo de aprendizagem deve-se tomar uma posição gradual, evolucionária, na qual o aluno aceita, inicialmente, as suas concepções antigas e, paulatinamente, chega ao conhecimento que a comunidade atual exige, então é possível que a mudança conceitual, necessária para a compreensão das teorias e metodologias científicas, venha a ocorrer de uma forma adequada e satisfatória.

Nussbaum admite que a sua intenção é apenas a de contribuir para o processo de aprendizado. Para tanto, ele apresentou algumas discussões da filosofia da ciência atual que, de uma certa forma, podem auxiliar a psicologia do ensino, mostrando a mudança conceitual ocorrida na história da ciência, que determinou, no limite, uma profunda ruptura em relação aos critérios de racionalidade e verdade. Essa modificação de conteúdo conceitual pode ajudar nas pesquisas e estratégias de ensino, permitindo ao aluno compreender os processos científicos e não, meramente, acumular uma série de informações acerca do mundo.

Referências Bibliográficas

KUHN, T. *A Estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Editora Perspectiva, 1994.

LAKATOS, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. In: LAKATOS, I. & MUSGRAVE, A. (Org.). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Editora Cultrix/Universidade de São Paulo, 1979.

POPPER, K. R. *A lógica da pesquisa científica*. São Paulo: Editora Cultrix, 1974.

_____. *Conjecturas e refutações*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1982.

NUSSBAUM, J. Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *Journal of the Science of Education*, 11, p. 530–40, 1989.

AGRADECIMENTOS: a elaboração deste texto teve o apoio da Fapesp.