
MODELOS DA MUDANÇA CIENTÍFICA: SUBSÍDIOS PARA AS ANALOGIAS ENTRE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO DE CIÊNCIAS

Eduardo Salles de Oliveira Barra

Depto. de Filosofia – UEL

Londrina – PR

Entre as diversas concepções de orientação construtivista predomina a ênfase na utilização da história da ciência como fonte de analogias úteis para a estruturação do ensino de ciências. Em vista da importância que atribuiu a tais analogias, a escola psicogenética de Jean Piaget impulsionou de forma decisiva as pesquisas nesse sentido. Piaget, entretanto, não deve ser visto como um precursor nesse campo. Outros antes dele haviam sugerido que a história da ciência pode fornecer subsídios significativos para o ensino de ciências. Entre eles destacam-se a tradição positivista do séc. XIX (Latitte, Mach) e Pierre Duhem⁽¹⁾. Mas, enquanto esses limitaram-se a traçar analogias gerais entre o desenvolvimento da ciência e o desenvolvimento intelectual do indivíduo, Piaget precisou o alcance e os limites dessas analogias. Segundo ele, não se trata de

“estabelecer correspondência entre as sucessões de natureza histórica com as que revelam as análises psicogenéticas, sublinhando os conteúdos, mas o que é completamente diferente, mostrar que os mecanismos de passagem de um estágio histórico ao seguinte são análogos aos da passagem de um estágio psicogenético ao seu sucessor” (PIAGET; GARCIA, 1987. p. 39, apud NARDI, 1991. p. 19; os grifos são meus).

Mesmo as novas concepções construtivistas, ainda que em sua maioria recusem a teoria dos estágios psicogenéticos (GILBERT; SWIFT, 1985), enfatizam que a “dinâmica da mudança conceitual” que o ensino pretende promover é análoga àquela observada na história da ciência (NUSSHAUM, 1989. p. 530). No enfoque das “concepções espontâneas”, por exemplo, a mudança conceitual tem como ponto de partida as concepções dos próprios alunos, entendidas como algo relativamente coerente com um conjunto de crenças e dotado de certa plausibilidade (BURBULES; LINN, 1991. p. 232). As mudanças conceituais esperadas deverão ocorrer nas concepções dos alunos, na medida em que possam ser entendidas como “rivais” das teorias científicas que o ensino pretende veicular.

O objetivo deste texto é fornecer alguns subsídios teóricos para aqueles que pretendam recorrer a esse tipo de apropriação da história da ciência⁽²⁾. Inicialmente, vale lembrar que a história da ciência como campo de investigação é uma disciplina absolutamente autônoma em relação às questões do ensino de ciências, isto é, que seus resultados possuem um valor de conhecimento que independe de quaisquer usos que porventura possam ter em outras disciplinas. Em segundo lugar, é necessário que tenhamos sempre em vista que não existe uma única história da ciência, unívoca e metodologicamente neutra, a qual estaria sempre disponível para que possamos a ela nos referir – eis um equívoco que aqueles que não estão ainda familiarizados com

essa disciplina geralmente cometem. O que de fato existe são maneiras diferentes de abordar os objetos da história da ciência, a cada qual correspondendo um modelo filosófico que, por sua vez, tomará as diferentes análises históricas geralmente incompatíveis entre si. Principalmente quando estamos interessados na dinâmica das mudanças conceituais, a qual tem sido objeto de ampla divergência entre historiadores e filósofos da ciência. A seguir veremos os diversos modelos filosóficos surgidos nas últimas décadas e a complexidade das questões envolvidas nas mudanças conceituais.

I. Avaliação de teorias

A presença de duas ou mais teorias rivais num mesmo campo científico é em geral a situação que antecede e desencadeia as mudanças científicas⁽³⁾. Os cientistas vêem-se diante de um novo sistema teórico alternativo e em grande medida incompatível com o tradicional, a partir do qual num passado mais ou menos remoto seus campos de pesquisa fundamentaram e desenvolveram-se. A escolha por algum destes implica que foram avaliados mediante determinados critérios.

Enquanto prevaleceu a concepção “justificacionista”, a possibilidade de escolher entre teorias rivais implicava que estávamos aptos para, através dos mesmos critérios, decidir conclusivamente pela *verdade* (confirmação) e pela *falsidade* (refutação) das teorias científicas. Em sua vertente empirista, o justificacionismo sustentou que todo conhecimento científico deveria fundamentar-se numa base empírica cujo valor de verdade fosse estabelecido pela experiência. Na medida em que a decidibilidade entre teorias rivais dependia então da possibilidade de estas serem confirmadas empiricamente, a racionalidade da avaliação de teorias sofreu um grande impacto com a demonstração feita por Hume (séc. XVIII) de que enunciados universais (assim como as teorias) não são logicamente justificáveis por nenhum conjunto de observações, por maior que seja a sua extensão. Diante dessa dificuldade, os filósofos empiristas recuaram em suas pretensões sem, contudo, abrir mão da tese central de que apenas um critério que avaliasse a fundamentação empírica da teoria poderia justificar a escolha entre teorias rivais. A partir das décadas de 20 e 30 deste século, as idéias empiristas ampliaram consideravelmente seus argumentos com a reformulação e o desenvolvimento da filosofia positivista. Assimilando o problema de Hume, os filósofos positivista formularam um critério de “verificabilidade” que permitisse selecionar teorias segundo seu “grau de confirmação”. Insatisfeito com essa solução, Karl Popper propôs um critério de “falseamento” que preservasse tanto a tese central do empirismo, quanto a possibilidade de decidir conclusivamente pela falsidade (não mais pela verdade, visto o impedimento observado por Hume), excluída no critério positivista.

Esse debate foi longo e fecundo, e não podemos acompanhá-lo aqui senão em suas linhas gerais. Ao referir-me a seguir às concepções acima pelo termo genérico “positivismo”, entendo que as teses sob análise podem ser encontradas em qualquer variante das filosofias justificacionistas/empiristas.

I.1. O papel da experiência

O critério para avaliar teorias proposto pelo positivismo fundamenta-se no seguinte: (i) o único contexto legítimo para a avaliação de teorias é aquele que permite julgar a fundamentação empírica das teorias; (ii) essa avaliação consiste em confrontar apenas uma teoria com o experimento ou a observação. Bem entendido, esse teste pode também envolver mais de uma teoria (*experimentum crucis*), o principal é que o confronto envolve apenas duas instâncias: a teoria (ou as teorias), de um lado, e a experiência, de outro. Nesta seção trataremos apenas das críticas que os filósofos pós-positivistas dirigiram a (i) e na seguinte daquelas dirigidas a (ii).

Uma das principais razões porque a avaliação de teorias deixou de ser vista como uma questão que envolve exclusivamente as suas relações com a evidência experimental foi uma nova compreensão sobre como são *construídas* tais evidências. Sobretudo, constatou-se que não existem observações neutras; ao contrário, todas são impregnadas teoricamente (“theory-laden”). Assim, Kuhn adverte que as teorias não são elaboradas para acomodar fatos pré-existentes, mas surgem juntos com os fatos que acomodam. A identificação dos fatos é sempre feita à luz de algum modelo teórico anterior. Conseqüentemente, cientistas dentro de um mesmo campo científico, mas que trabalhem a partir de teorias diferentes, podem eventualmente não concordar totalmente sobre o que deve ser tomado como dado (1975. p. 162-164).

Por outro lado, mesmo dentro de seus próprios quadros conceituais, a maioria das teorias defrontam-se com dificuldades empíricas – o que mostra que uma vez aceita, uma teoria não será abandonada exclusivamente em função dessas dificuldades.

Surge aqui um risco que é tão perverso em suas conseqüências quanto a rigidez dos critérios positivistas. Trata-se de afirmar que todos os pontos-de-vista são igualmente aceitáveis, pois não existem critérios pelos quais as teorias possam ser avaliadas. Definitivamente não se pretende tal coisa. O que essas críticas mostram é que precisamos de outros critérios que reflitam melhor a prática científica e de fato identifiquem os padrões da racionalidade requeridas para essa atividade⁽⁴⁾.

Nesse sentido, os filósofos pós-positivistas detectaram certos aspectos que são pontos de partida para qualquer conclusão a respeito de critérios: (i) que fatores extra-científicos (metafísicos, teológicos, etc) exercem em alguma medida influência nessas tomadas de decisão⁽⁵⁾; (ii) que a avaliação de teorias depende mais do seu potencial futuro que do registro de seu desempenho passado, e o primeiro não pode ser aferido apenas a partir do segundo; (iii) que teorias nunca são abandonadas a menos que exista uma outra disponível para substituí-la. Em seguida serão apresentadas algumas das teses desses filósofos, particularmente aquelas que constituem as partes principais de seus respectivos modelos da mudança científica. Antes é preciso esclarecer que nesses modelos as teorias não são tomadas isoladamente, mas inseridas em estruturas conceituais abrangentes, duradouras, amplamente aplicadas e influentes numa variedade de áreas científicas⁽⁶⁾.

Segundo Lakatos, as teorias seriam avaliadas levando-se em consideração a capacidade que demonstram para fazer novas predições. A precisão dessas predições não é relevante inicialmente. O importante é que as teorias não cessem de fazer novas predições, pois fundamentalmente um “programa de pesquisa”⁽⁷⁾ deve ser progressivo. E apenas será progressivo e, conseqüentemente, merecerá a aceitação por parte dos cientistas, se predisser todos os fenômenos que seu rival prediz e ainda outros não preditos pelo anterior (1979, p. 142). Entretanto, não precisará predizer todos os fenômenos dentro do seu campo científico para ser

progressivo – de fato, como vimos, muitas teorias aceitáveis defrontam-se com dificuldades empíricas.

Da mesma forma, Kuhn entende que os argumentos a favor de um “paradigma”⁽⁸⁾ são baseados na sua habilidade em resolver problemas fora de seu alcance inicial. A precisão, quando estão em disputa dois “paradigmas” rivais, é um fator decisivo (1975, p. 194). Mas, Kuhn adverte que este e outros critérios que por ventura venham a ser usados nunca são suficientemente explícitos, visto que existe uma “incomensurabilidade entre paradigmas” que impede a comunicação total entre os adeptos de “paradigmas” diferentes e assim a apresentação de provas que sejam univocamente avaliadas pelas partes em disputa (1975, p. 190). Por isso, os motivos que levam os cientistas a aceitarem determinado “paradigma” dependem em geral de fatores extra-científicos (1979, p. 190).

Encerrando esta primeira parte estamos em condições de perceber que o papel da experiência deve ser relativizado e que nenhum outro critério pode ser tomado como critério absoluto para avaliar teorias. Mas, com essa conclusão, já avançamos bastante em direção ao tema da segunda parte, a saber, que as avaliações são sempre comparativas entre teorias rivais existentes – algo bem distinto daquilo que pressupunha o critério positivista. A partir das idéias de Lakatos e Kuhn acima já é evidente a impossibilidade de que uma teoria venha a ser avaliada isoladamente.

I.2. A avaliação comparativa entre teorias

Laudan partilha a mesma opinião de Lakatos acerca do papel das teorias rivais na aceitação ou rejeição de uma teoria particular. Resolver dificuldades empíricas com as quais se defrontam suas rivais, é um fator especialmente persuasivo para que cientistas adotem uma teoria (1986, p. 172)⁽⁹⁾. Isso implica justamente o ponto onde todos esses modelos estão de acordo: uma teoria não é julgada por avaliações absolutas sobre seus méritos ou deméritos, mas por avaliações comparativas entre rivais existentes. Feysabend, por exemplo, considera que alguma das evidências que refutariam uma teoria apenas podem ser conhecidas após o desenvolvimento de uma teoria rival (1979, p. 257). O mesmo pode ser dito a respeito dos juízos sobre a imprecisão de uma teoria que, segundo Laudan, podem ser em geral formulados somente a partir da solução apresentada por sua rival.

Quando teorias são comparadas o que se pretende avaliar são os avanços que uma representa em relação às outras, isto é, o progresso que pode promover no seu campo científico. Lakatos toma esse aspecto como um problema central na avaliação de teorias e procura caracterizar os “programas de pesquisa” progressivos como aqueles cujo crescimento teórico antecipa o crescimento empírico, isto é, que se mantêm predizendo novos fatos com algum sucesso (transferência progressiva de problemas); e os degenerativos, ao contrário, como aqueles programas que apenas fornecem explicações para fatos ou descobertas antecipadas pelo programa rival (transferência degenerativa e problemas) (1971, p. 98; 1979, p. 144-145).

Da mesma forma Laudan admite que o progresso é um fator decisivo e o identifica com o sucesso das teorias na solução de problemas. Tais problemas podem ser ou empíricos (questões sobre o domínio empírico de uma teoria que demandam explicações⁽¹⁰⁾ ou dificuldades conceituais relativas aos vínculos lógicos da teoria com princípios científicos, metodológicos ou

metafísicos bem estabelecidos e aceitos. A taxa efetiva de solução de problemas é estimada pelo número e a importância dos problemas empíricos solucionados, subtraído do número e importância dos problemas conceituais gerados pela teoria. As teorias são avaliadas comparando-se as respectivas taxas de solução de problemas, aferidas num prazo suficientemente longo (1977. p. 66-68).

Esse último aspecto é especialmente importante. Os filósofos justificacionistas e positivistas insistiam numa “racionalidade instantânea” (LAKATOS, 1979. p. 191 e 216) que possibilitasse confirmar ou refutar imediatamente uma teoria. Por sua vez, esses novos modelos mostraram que as teorias são avaliadas levando-se em consideração um período de tempo no qual já tenham apresentado resultados suficientes para que possam ser comparadas com outras anteriormente estabelecidas. Mas, quando e por que uma nova teoria é formulada e submetida à avaliação dos cientistas? Não encontramos respostas muito consensuais a esse respeito entre os autores dos modelos filosóficos aqui analisados. E essas discordâncias refletirão nas respostas a uma outra questão ainda mais fundamental, a saber, essas mudanças são abruptas gerando rupturas profundas com a tradição anterior ou são graduais? E, nesse caso, quanto da tradição anterior é recuperada pela sua sucessora? Vejam que se trata de definir aqui a própria natureza das mudanças científicas, se são revolucionárias ou não, se são cumulativas ou não. Essas questões estão diretamente associadas às caracterizações do progresso na ciência que introduzimos no parágrafo anterior.

II. Mudanças científicas

A tese segundo a qual as teorias científicas podem ser confirmadas ou refutadas definitivamente através da experiência, conduziu seus defensores ao seguinte impasse diante da história da ciência: como explicar que teorias tidas como definitivamente confirmadas (ou com um alto “grau de confirmação”) pudessem tempos depois ser substituídas por outras, sem que isso implicasse em abandonar a tese anterior. Os positivistas modernos tiveram que lançar mão de uma tese adicional acerca da “redução de teorias”, a qual pode ser assim formuladas:

A ciência é uma atividade cumulativa de extensão e enriquecimento de antiga conquistas com outras novas; as velhas teorias não são refutadas ou abandonadas uma vez que tenham sido aceitas; ao contrário, o que fazem é ceder seu lugar a outras mais amplas às quais se reduzem (SUPPE, 1977. p. 77)

Assim, o positivismo também muito contribuiu para sedimentar essa noção de progresso contínuo e cumulativo na ciência. Vejam que nesses termos não se pode falar que existam de fato *mudanças* científicas – o ponto de partida para a compreensão das filosofias pós-positivistas.

II.1. As origens das mudanças científicas

A condição necessária para que os cientistas abandonem uma teoria é a disponibilidade de alguma outra capaz de substituí-la. Ora, detendo-nos sobre a questão anterior, mas quando e por que uma nova teoria é formulada? A resposta de Kuhn é que para tanto o

“paradigma” vigente deve estar envolvido numa “crise”, a qual geralmente é de ordem empírica, isto é, dificuldades de adequação do “paradigmas” aos fatos por ele mesmo previstos. Exceto nessas situações, os cientistas normalmente não se preocupam em formular teorias alternativas, visto que estão confiantes de que as teorias que dispõem poderão mais cedo ou mais tarde resolver todos os problemas identificados por elas mesmas. Segundo Kuhn, este é o estado usual da ciência (“ciência normal”), quando os problemas são resolvidos segundo as regras estabelecidas e sem questionamentos acerca dos fundamentos das teorias⁽¹¹⁾.

Os demais autores não concordam com essa caracterização proposta por Kuhn que torna a existência de teorias rivais uma exceção à regra e que, nesses casos, a competição possa conduzir a um novo período de consenso em torno de alguma teoria dominante. Segundo Lakatos, exceto um “núcleo” assumido como irrefutável, os demais componentes dos “programas de pesquisa”, justamente aqueles que traduzem o conteúdo empírico das teorias, são objetos de disputas constantes entre os cientistas (1979. p. 163-169). Constitui-se em torno do núcleo um cinto de proteção formado por “hipóteses auxiliares”, as quais devem eliminar gradativamente as anomalias, transformando contra-exemplos em exemplos verificadores do programa. Mas, apenas podem realizar essa função porque estão sempre sujeitas a ajustes, reajustes ou mesmo a substituição total por outras. Laudan, por sua vez, radicaliza ainda mais as discordâncias com Kuhn ao entender que mesmo aqueles elementos mais centrais de uma “tradição de pesquisa”⁽¹²⁾, a metodologia e a ontologia, são objetos de disputas constantes entre os cientistas e, por isso mesmo, estão sujeitas a críticas e a mudanças. Logo, teorias rivais são usadas ao mesmo tempo dentro de um mesmo campo científico (1977. p. 81) – o que é oposto ao modelo de Kuhn onde apenas um “paradigma” encontra-se sob ativa consideração numa mesma ciência. Essas diferenças refletir-se-ão a seguir na caracterização das mudanças científicas.

II.2. A natureza das mudanças científicas

O modelo da mudança científica proposto por Kuhn mostra que tal processo é caracterizado por rupturas abruptas e generalizadas, isto é, por “revoluções científicas” (1975. p. 209-210). As razões para isso foram vistas acima. Em primeiro lugar, a impossibilidade de oferecer provas que pudessem ser igualmente avaliadas por ambas as partes em disputa, em virtude da “incomensurabilidade entre paradigmas”, implica que

“a transição entre paradigmas em competição não pode ser feita passo a passo, por imposição da Lógica e de experiências neutras. Tal como a mudança da forma (Gestalt) visual, a transição deve ocorrer subitamente (embora não necessariamente num instante) ou então não ocorre jamais.” (1975. p. 190).

Em segundo lugar, “paradigmas” rivais apenas convivem em períodos extraordinários e é impossível que cientistas trabalhem em mais de um “paradigma” ao mesmo tempo. Assim, uma “revolução científica” obrigará o cientista a rever todos os seus métodos, modelos heurísticos, valores, etc, visto que deverá se adequar ao novo “paradigma” para que possa continuar a ser considerado um *cientista* (1975. p. 200).

Uma posição bem diferente foi defendida por Laudan. Para ele, as mudanças científicas são “processos reticulados” (1986. p. 208) onde os elementos centrais das teorias mudam gradativamente em face das críticas – que não deixam de ser formuladas durante longos períodos de consenso – permitindo que cientistas trabalhem com teorias diferentes e mutuamente inconsistentes (1977. p. 110). Mas, apesar de recusar que tais mudanças possam ser marcadas por rupturas súbitas e generalizadas, Laudan concorda com Kuhn ao admitir que boa parte do conteúdo empírico associado às teorias (especialmente, a capacidade de resolver certos problemas) se perde nesse processo de mudança (KUHN, 1979. P. 28; LAUDAN, 1977. p. 150). Isso basta para que a tese não-cumulativa do progresso na ciência esteja explicitada – embora também esta não seja consensual. Lakatos, ao contrário de ambos, considera que todos os problemas solucionados pelas teorias anteriores são retidos por suas sucessoras⁽¹³⁾. Para que haja uma “razão objetiva” para a mudança científica, isto é, para a substituição de um “programa de pesquisa” por outro, este último deve explicar todos os fatos explicados pelo anterior e ainda suplantá-lo antecipando outros fatos novos (1979. p. 191). Essa formulação da tese da cumulatividade feita por Lakatos recoloca um problema que aparece ao longo desta análise e que somente agora podemos nos deter sobre ele: é possível que racionalidade e progresso sejam características legitimamente associados às mudanças científicas?

Os modelos pós-positivistas da mudança científica fundamentam-se na recusa de que tais mudanças possam ser normativamente orientadas pela idéia de progresso como um processo de evolução em direção à verdade. Deve ser creditada a Kuhn a crítica a essa noção de progresso científico que foi a seguir recusada também por Lakatos e Laudan. Kuhn, entretanto, recusa não apenas aquela noção de progresso científico, mas também a possibilidade de que qualquer outro critério de ordem racional possa normatizar a decisão dos cientistas por um entre dois ou mais “paradigmas” em competição Lakatos e Laudan, ao contrário, pretendem mostrar que seus respectivos critérios de progresso científico⁽¹⁴⁾ constituem padrões de racionalidade que podem legitimamente orientar as mudanças científicas⁽¹⁵⁾.

III. As analogias e os modelos da mudança científica

As teses de Kuhn, Lakatos e Laudan aqui apresentadas apenas podem fornecer-nos uma noção ainda bastante vaga daquilo que esses autores entendem ser a dinâmica das mudanças científicas. Além disso, foram apresentadas em suas formulações iniciais, sem o cotejamento necessário com as críticas recebidas e as possíveis modificações introduzidas. Porém, para os objetivos deste texto basta que tenham sido esclarecidos os seguintes pontos: (i) que traçar analogias a partir da história da ciência, especialmente da dinâmica das mudanças científicas, pressupõe um modelo que possa conduzir a análise histórica (seja ele assumido consciente ou inconscientemente); (ii) que tais modelos fundamentam-se em determinadas concepções acerca da natureza do conhecimento científico; (iii) que, portanto, decisões de ordem filosófica devem ser conscientemente tomadas para uma abordagem consistente. Enfim, vale ainda acrescentar duas importantes advertências. Como foi possível observar, os modelos aqui apresentados têm entre si diferenças irreconciliáveis, desde suas mais importantes suposições. Por isso, optar por um certo ecletismo na apropriação desses modelos, além de ser insensato, não propiciará uma

avaliação adequada do próprio modelo adotado (VILLANI, 1992. p. 224). Cumpre escolher um único modelo e explicitar da melhor maneira possível seus pressupostos filosóficos.

Esses modelos também tratam as mudanças científicas como empreendimentos *coletivos*, de uma comunidade científica, a partir de padrões (racionais ou não) coletivamente partilhados. A utilização desses modelos para orientar o ensino de ciências, cujo objetivo é a mudança conceitual nas concepções dos alunos, não pode ignorar que isso implica uma transposição dos modelos do plano *coletivo* para o individual⁽¹⁶⁾. A propósito, talvez o pouco progresso que os estudos nesse campo das “analogias” têm apresentado (embora, os artigos multipliquem-se rapidamente), deva-se em parte a uma insuficiência de definição conceitual sobre esse aspecto, e também em parte sobre os demais aspectos que aludi nesta seção.

IV. Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Dr. Pablo Rubén Mariconda (FFLCH/USP) pelas críticas e sugestões que fez à versão original deste texto.

V. Notas

1- Duhem expressa assim o sentido do recurso à história da ciência: “Não temos diante dos nossos olhos um estudante que, na infância, ignorava todas as teorias físicas e que, na idade adulta, alcançou a plena consciência de todas as hipóteses sobre as quais repousam essas teorias? Esse estudante, cuja educação se está perseguindo há milênios, é a humanidade. (...) O método legítimo, seguro, fecundo para preparar um espírito para acolher uma hipótese física é o método histórico” (DUHEM, 1981. p. 408-409).

2- A história da ciência tem também figurado entre as preocupações daqueles que pesquisam o ensino de ciências com o objetivo de oferecer uma forma de tratar a história da ciência para além das “ilustrações” biográficas e anedóticas da maioria dos livros didáticos. E assim “apresentar os conteúdos numa perspectiva histórica e cultural, e mostrar que as idéias da física têm uma tradição assim como modos de adaptação e mudança evolucionárias” (Rutherford, Holton e Watson, *Project Physics Texts*, apud Brush, 1989. p. 61). Se nas analogias apropriarmos-nos da história da ciência no seu plano mais geral, quando recorreremos aos próprios relatos históricos para contextualizar a introdução dos conteúdos das aulas de ciências, com vistas a reconstruir o enquadramento intelectual, cultural e social em que tais teorias, conceitos e experimentos surgiram, nesse caso, as mudanças científicas devem ser analisadas segundo suas especificidades e não apenas em sua dinâmica geral. As reflexões que apresentarei a seguir, embora possam servir a outras abordagens ou níveis de abordagens que não aquele das analogias, é a este que se destinam e ao qual pretendem ser imediatamente úteis.

3- Utilizarei a partir daqui o termo “mudança científica” como sinônimo de “mudança conceitual”. Trata-se apenas de uma troca de palavras para manter aquela que foi consagrada pelo uso entre os autores citados a seguir. Evidentemente, o “científico” tem um sentido mais amplo que o “conceitual”. O primeiro denota, no seu uso comum, algo além do segundo que podemos chamar de “empírico” (predições, medidas, observações, etc.). Entretanto, esta análise pretende também mostrar que mesmo o “empírico” é em última instância intrinsecamente “conceitual”.

4- Notem que também aqui podemos identificar uma orientação construtivista: os critérios não são definidos a priori; ao contrário, fundamentam-se numa análise circunstanciada dos padrões

que orientam a escolha de teorias na prática real da ciência. A história da ciência, como descrição-explicação desses padrões que de fato intervêm nas decisões dos cientistas, torna-se um meta-critério, capaz de avaliar a eficácia e a plausibilidade dos critérios definidos pelos filósofos da ciência como reguladores da decisão entre teorias rivais.

5- Essa “medida” é uma questão bastante polêmica. Kuhn considera que esses fatores não são apenas não-científicos, como também devem ser extra-rationais (1975. p. 193-199). Laudan, por sua vez, afirma que fatores não-científicos intervêm nessas decisões, embora isso não constitua qualquer indício de não-razionalidade, pois a ciência não esgota o âmbito das crenças racionais (1977. p. 61). E finalmente, Lakatos, que embora admita que elementos não sujeitos a críticas (metafísicos) sejam parte integrante das teorias científicas, não considera que avaliações possam ter por base esses elementos, mas apenas aqueles que traduzam o conteúdo empírico das teorias (1979. p. 163-169, p. 227-228).

6- Essa formulação é tirada de Laudan et al. (1986), onde tais estruturas conceituais são chamadas “guiding assumptions”. Os autores identificam-nas na obra de Kuhn (“paradigmas” ou “matrizes disciplinares”), Feyrabend (“teorias globais”), Lakatos (“programas de pesquisa”) e Laudan (“tradições de pesquisa”).

7- cf. nota 6.

8- cr. nota 6.

9- Embora Laudan insista que os problemas empíricos não sejam os únicos envolvidos nas avaliações de teorias. Com efeito, Laudan critica Lakatos (e também Kuhn) por “não ter privilegiado seriamente as dimensões não-empíricas do debate científico” (1977. p. 66)

10- A noção de problema empírico para Laudan implica a mesma tese impregnacionista da experiência empírica vista anteriormente: “Situações que geram problemas dentro de um contexto de investigação *não necessariamente* gerarão dentro de outros. Portanto, para que algo seja tomado como um problema empírico dependerá em parte das teorias que possuímos” (1977. p. 15; os itálicos são meus). O sentido da primeira restrição (“não necessariamente”) é a exclusão da necessidade defendida pelos positivistas de as teorias rivais voltarem-se para os mesmos problemas. Por outro lado, o sentido da segunda (“em parte”) é a rejeição da tese da “incomensurabilidade entre paradigmas”, contra a qual Laudan sustenta que “é possível mostrar que teorias rivais direcionam-se ao mesmo problema” (idem: 143)

11- Mas, por outro lado, é justamente essa característica conservadora da maior parte da atividade científica (“ciência normal”), onde as exigências de precisão são cuidadosamente observadas, que pode proporcionar o abandono do paradigma vigente. Pois, “quanto maiores a precisão e o alcance de um paradigma, tanto mais sensível este será como indicador de anomalias e, conseqüentemente, de uma ocasião para a mudança de paradigma” (KUHN, 1975. p. 92).

12- cr. nota 6.

13- Esse tipo de cumulatividade também foi destacada por Kuhn durante os períodos de “ciência normal” (1975. p. 130-131). Porém, Lakatos pretende que sua interpretação seja distinguida da de Kuhn, especialmente, porque seu critério de “transferência progressiva de problemas” fornece uma “razão objetiva” para a escolha de certos “programas de pesquisa” (1977. p. 191 e p. 219-220). O que absolutamente não ocorre no modelo dos “paradigmas” de Kuhn, visto que estes são “incomensuráveis” entre si.

14- Ver seção 1.2.

15- A possibilidade aqui não implica que todas as mudanças científicas sejam racionais. Para ambos autores, a racionalidade das mudanças científicas é um fato contingente (LAKATOS, 1971. p. 102; LAUDAN, 1977. p. 138). Os critérios que apresentam servem inclusive para caracterizá-las como racionais ou não, como progressivas ou não.

16- Ou então tratar a "construção do conhecimento" como uma atividade coletiva (Cobb et al., 1991. p. 24). Entretanto, é duvidoso que a maioria dos pesquisadores e educadores tenham enfatizado o ensino nesses termos.

Referências

- BRUSH, S. O. History of Science and Science Education. **Interchange**, v. 20, n. 2, p. 60-70, 1989.
- BURBULES, N. C.; LINN, M. C. Science Education and Philosophy of Science: congruence or contradiction? **International Journal of Science Education**, v. 13, n. 5, p. 227-241, 1991.
- COBB, P.; WOOD, T.; YACKEL, F. Analogies from the Philosophy and the Sociology of science for understanding classroom tire. **Science Education**, v. 75, n. 1, p. 23-44, 1991.
- DUHEM, P. **Théorie physique: son objet, sa structure**. Paris: J. Vrin., 1981 (1ª. ed. 1906).
- FEYRABEND, P. K. **Consolando o especialista**. In: LAKATOS, I.; MUSORAVE, A. p. 244-284, 1979.
- GILBERT, I.; SWIFT, D. I. Towards a lakatosian analysis on the piagetian and alternative conception research programs. **Science Education**, v. 69, n. 5, p. 681-696, 1985.
- KUHN, T. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1975.
- KUHN, T. **Lógica da descoberta ou psicologia da pesquisa**. In: LAKATOS, I.; MUSORAVE, A. (1979), p. 5-32, 1979.
- LAKATOS, I. **History of science and its rational reconstructions**. Boston Studies in the Philosophy of Science, v. 8, p. 91-136, 1971.
- LAKATOS, Imre. **Falseamento e a metodologia dos programas científicos**. In: LAKATOS, I.; MUSORAVE, A. (1979), p. 109-243, 1979.
- LAKATOS, I.; MUSORAVE, A. (orgs.) **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix/EDUSP, 1979.
- LAUDAN, L. **Progress and its problems**. Berkeley: University of California Press, 1977.
- LAUDAN, L. et al. (1986) Science change: philosophical models and historical research. **Synthese**, v. 69, p. 141-223, 1986.
- NARDI, R. Campo de Força: subsídios históricos e psicogenéticos para a construção do ensino desse conceito. Textos - Pesquisa para o Ensino de Ciência 5. São Paulo: FEUSP, 1991.
- NUSSBAUM, J. Classroom conceptual change: philosophical perspectives. **International Journal of Science Education**, v. 11, p. 530-540, 1989.
- SUPPE, F. **La estructura de las teorías científicas**. Madrid: Nacional, 1979.
- VILLANI, A. Conceptual change and Science Education. **Science Education**, v. 76, n. 2, p. 223-237, 1992.