

Mudança conceitual ou escolas concorrentes? Rumo a um modelo de “distribuição conceitual”

Conceptual change or competing scholars? Towards a model of “conceptual distribution”

Alexsandro Pereira de Pereira e Fernanda Ostermann

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

alexsandro.pereira@ufrgs.br; fernanda.ostermann@ufrgs.br

Resumo

O presente trabalho apresenta um modelo alternativo para analisar a dinâmica das concepções no ensino de ciências, baseado na noção de “distribuição conceitual”. De acordo com esse modelo, tanto as concepções alternativas como as científicas são vistas como “distribuídas” entre agentes e os recursos textuais que eles empregam; especialmente recursos textuais na forma de explicações – tanto escritas como faladas. Esse modelo difere das teorias clássicas e reestruturadas de mudança conceitual ao sugerir que diferentes grupos podem gerar diferentes representações da realidade, mesmo dentro da comunidade científica. Nessa perspectiva, as concepções são vistas como um processo ativo que frequentemente envolve disputa e contestação entre pessoas, mais do que como um corpo estruturado de conhecimento que elas possuem. Para ilustrar a tese acima, são apresentados alguns exemplos relacionados à história da mecânica quântica.

Palavras-chave: mudança conceitual, concepções, distribuição conceitual, perspectiva sociocultural, mecânica quântica.

Abstract

In this paper, we outline a particular model to analyze the dynamic of conceptions in science learning, based on the notion of “conceptual distribution”. According to this model, both naïve and scientific conceptions are viewed as “distributed” between agents and the textual resources they employ, especially textual resources in the form of explanation – both written and spoken. This model differs from classical and re-framed conceptual change theories in suggesting that different groups can have quite different accounts of reality, even within science community. From this perspective, conceptions are viewed as an active process that often involves contention and contestation among people rather than a structured body of knowledge they possess. In order to demonstrate the above-mentioned claim, some examples concerning the history of quantum mechanics are presented.

Introdução

A partir da década de 70, diversos estudos no campo da pesquisa em educação em ciências passaram a investigar as ideias dos estudantes acerca de conceitos e princípios científicos. Vários nomes surgiram na literatura para designar tais ideias, sendo “concepções alternativas” o termo mais difundido no Brasil. Esses estudos mostraram que os estudantes já chegam às aulas de ciências com concepções que diferem substancialmente das ideias a serem ensinadas e que essas concepções influenciam o aprendizado (DRIVER, 1989). Além disso,

foi constatado que essas concepções são firmemente enraizadas e resistentes a mudanças, como resultado do ensino tradicional. Desde então, muitos esforços foram direcionados ao desenvolvimento de estratégias de ensino que possibilitassem a mudança conceitual, isto é, a transformação das concepções alternativas dos estudantes em concepções científicas.

O modelo de mudança conceitual mais conhecido no ensino de ciências foi estabelecido no início da década de 80 por Posner, Strike, Hewson e Gertzog (1982). A partir de uma analogia com a filosofia da ciência, em particular com a noção de mudança de paradigma proposta por Thomas Kuhn (1997), os autores esboçaram um modelo para explicar o processo pelo qual “os conceitos centrais e organizadores das pessoas mudam de um conjunto de conceitos para outro conjunto, incompatível com o primeiro” (POSNER et al., 1982, p. 211). De acordo com esse modelo, são necessárias quatro condições para que a mudança conceitual ocorra. Inicialmente, é preciso que o estudante esteja insatisfeito com suas concepções prévias, o que pode ocorrer quando ele é levado ao conflito cognitivo. Além disso, a nova concepção a ser aprendida deve ser inteligível, no sentido de que ela deve fazer sentido para o estudante. Outra condição necessária é que a nova concepção também precisa ser plausível, ou seja, o estudante precisa acreditar nela. Finalmente, a nova concepção precisa ser frutífera, no sentido de que ela deve parecer útil e aplicável a outros contextos. As três últimas condições definem o *status* (HEWSON, 1981) de uma concepção e a função do professor, na perspectiva desse modelo, é tentar reduzir o status das concepções alternativas dos estudantes, aumentando assim o status das concepções científicas. Esse modelo “clássico” de mudança conceitual, como passou a ser chamado na literatura (e.g. DUIT e TREAGUST, 2003), se tornou um dos principais focos da pesquisa em educação em ciências durante vários anos. De fato, muitos pesquisadores passaram a se referir à aprendizagem como sinônima de mudança conceitual (NIEDDERER et al., 1991).

A partir da década de 90, no entanto, a pesquisa sobre mudança conceitual passou a revisar criticamente o modelo clássico, especialmente em estudos relativos à emergente área interdisciplinar denominada “aprendizagem e instrução” (ver, por exemplo, número especial da *Learning and Instruction*, 1994). De acordo com Vosniadou (2007a), na base do modelo de Posner et al. (1982) está o estudante como um cientista; a aprendizagem de ciências como um processo racional de substituição de teorias; a mudança conceitual como uma mudança brusca, que ocorre durante um curto período de tempo; e o conflito cognitivo como a principal estratégia didática para promover a mudança conceitual. Praticamente, todos esses pressupostos foram seriamente questionados. Pintrich et al. (1993), por exemplo, se referiram ao modelo clássico como modelo “frio” de mudança conceitual por não reconhecer os aspectos afetivos, situacionais e motivacionais nos processos de mudança. Outros autores como Caravita e Halldén (1994) argumentaram que a metáfora do estudante cientista é problemática na medida em que ignora as diferenças cruciais existentes entre os laboratórios de pesquisa e a sala de aula. Outras vozes, vindo da perspectiva sociocultural, apontaram que a mudança conceitual é vista exclusivamente como um processo cognitivo/individual, não reconhecendo essas mudanças como resultados de atividades sociais, situadas em contextos culturais específicos (HATANO, 1994; SÄLJÖ, 1999). Assim, essas e outras contribuições têm levado ao que se conhece hoje como abordagem “reestruturada” à mudança conceitual (LIMÓN e MASON, 2002; SCHNOTZ et al., 1999; VOSNIADOU et al., 2007, VOSNIADOU, 2008).

No Brasil, o modelo alternativo mais conhecido no contexto da pesquisa em educação em ciências é o modelo dos Perfis Conceituais proposto por Mortimer (1995). A partir de uma analogia com a noção de perfil epistemológico de Gaston Bachelard (1978), o autor afirma que é possível usar diferentes pontos de vistas em diferentes contextos e que um novo conceito não substitui necessariamente uma concepção prévia. Nessa perspectiva, aprender

ciências é uma questão de modificar o perfil conceitual e de se tornar consciente das diferentes zonas que constitui esse perfil; o que inclui tanto ideias científicas como ideias do senso comum. O perfil conceitual guarda várias semelhanças com o perfil epistemológico de Bachelard, como, por exemplo, a hierarquia entre as diferentes zonas do perfil em função do seu poder explanatório. Entretanto, a noção de perfil conceitual leva em conta as diferenças ontológicas entre cada zona, além das diferenças epistemológicas. De acordo com Mortimer, apesar de diferentes indivíduos possuírem diferentes perfis, as categorias que constituem cada zona do perfil conceitual são as mesmas para cada conceito. Com base nesse modelo, Mortimer identifica dois importantes momentos no processo de aprendizagem. O primeiro se refere à apreensão de um novo conceito, no qual o papel do professor é identificar possíveis obstáculos e ajudar os estudantes a superá-los. O segundo momento envolve a tomada de consciência por parte do estudante do seu próprio perfil, podendo assim avaliar os limites das suas concepções alternativas no contexto da sala de aula, assim como os limites de conceitos científicos mais clássicos quando considerados no domínio de uma teoria mais avançada.

Recentemente, a noção de mudança conceitual, e outros termos relacionados tais como “prática conceitual” (KRANGE, 2007) e “enculturando concepções” (ROTH et al., 2008), têm (re)surgido na literatura como um tema de renovado interesse na pesquisa sociocultural. No segundo semestre de 2008, um número especial da revista *Cultural Studies of Science Education* promoveu um interessante debate sobre mudança conceitual e os estudos culturais no ensino de ciências (TOBIN, 2008). Uma das principais questões envolvidas nesse acalorado debate era se essas duas abordagens – mudança conceitual e teoria sociocultural – deveriam ser alternativas ou complementares (ROTH, 2008; TREAGUST e DUIT, 2008; VOSNIADOU, 2008). O problema da reconciliação entre essas duas perspectivas, também referido como “divisão cognitivo-situativo” (VOSNIADOU, 2007b), tem surgido como uma das grandes tendências atuais nos estudos sobre mudança conceitual (ver, por exemplo, número especial da *Educational Psychologist*, 2007). Essa tendência está relacionada à tarefa que alguns autores assumiram de reconsiderar o problema da mudança conceitual a partir do enfoque sociocultural (FURBERG e ARNSETH, 2009; ROTH et al., 2008; WELLS, 2008).

O presente trabalho apresenta um modelo alternativo para analisar a dinâmica das concepções no ensino de ciências, baseada na noção de “distribuição conceitual”. O tema central desse artigo está relacionado à tarefa de articular os diversos resultados de pesquisa sobre concepções alternativas e mudança conceitual com a perspectiva sociocultural em educação em ciências, que passou a dominar as pesquisas nessa área ao longo das últimas duas décadas. De acordo com o modelo de distribuição conceitual, tanto as concepções alternativas como as científicas são vistas como “distribuídas” entre agentes e os recursos textuais que eles empregam; especialmente recursos textuais na forma de explicações – tanto escritas como faladas. Esse modelo difere dos modelos clássicos e reestruturados de mudança conceitual ao sugerir que diferentes grupos podem gerar diferentes representações da realidade, mesmo na comunidade científica. Nessa perspectiva, as concepções são vistas como um processo ativo que frequentemente envolve disputa e contestação entre pessoas, mais do que como um corpo estruturado de conhecimento que elas possuem. Após esboçar o modelo de distribuição conceitual, são apresentados alguns exemplos relativos ao ensino de mecânica quântica.

Bases teóricas para um modelo sociocultural

O modelo de distribuição conceitual é um modelo teórico, desenvolvido para analisar a dinâmica das concepções no ensino de ciências a partir de uma perspectiva sociocultural. Diferentemente de outras abordagens que adotam a filosofia da ciência como principal fonte

de hipóteses (CAREY, 1985; DISESSA, 2006; MORTIMER, 1995; POSNER et al., 1982), o modelo de distribuição conceitual é inspirado na análise sociocultural de James Wertsch (1991, 1998), em particular nos seus estudos sobre memória coletiva (WERTSCH, 2002, 2008). De acordo com Wertsch, a memória coletiva é uma representação do passado compartilhada por membros de um grupo tal como uma geração ou uma nação-estado. Esse tema está associado aos trabalhos do sociólogo francês Maurice Halbwachs (1980), que afirmou que o lembrar é moldado pela participação na vida coletiva e que diferentes grupos geram diferentes representações do passado. Infelizmente, alguns autores consideraram a noção de memória coletiva a partir de analogias não muito bem fundamentadas com a memória no indivíduo, tornando-se assim alvo de várias críticas. Atualmente, os estudos sobre memória reconhecem a existência de “memória *no* grupo”, mas não a de “memória *do* grupo” (BARTLETT, 1995).

De acordo com Wertsch, hipóteses sobre memória “*do* grupo” constituem a “versão forte” da memória coletiva e quando consideradas explicitamente tendem a ser rejeitadas. A “versão distribuída” de memória coletiva, por outro lado, considera que uma representação do passado pode ser distribuída *entre* membros de um grupo, sem supor algum tipo de mente coletiva no sentido forte. Em *Voices of Collective Remembering*, Wertsch (2002) esboçou uma versão distribuída da memória coletiva ao enfatizar o modo como recursos textuais, especialmente narrativas, configuram esse processo. A partir dessa perspectiva, a memória – tanto coletiva como individual – é um processo ativo que envolve agentes e itens como calendários, a *internet* e narrativas. Ao destacar o papel das narrativas como organizador da memória coletiva, Wertsch traçou uma distinção entre as narrativas específicas e o que ele denomina de “modelos narrativos esquemáticos”. Diferentemente das narrativas específicas, que envolvem atores e eventos específicos, os modelos narrativos esquemáticos são formas generalizadas de narrativas que podem emoldurar diferentes narrativas específicas. Ao invés de constituírem algum tipo de arquétipo universal, os modelos esquemáticos pertencem a uma tradição narrativa particular, podendo diferir de um cenário cultural para o outro. Além disso, esses modelos raramente estão disponíveis à consciência humana, sendo assim usados de maneira inconsciente e irreflexiva.

A versão de Wertsch da memória coletiva é parte de uma construção teórica mais geral sobre o conceito de “ação mediada”. De acordo com a análise sociocultural, o falar, o pensar e outras formas de ação humana são vistos como envolvendo uma “tensão irreduzível” (WERTSCH, 1998) entre agentes e ferramentas culturais que eles empregam. A partir dessa perspectiva, a memória faz parte de um sistema de “cognição distribuída”, na qual ambos os lados da tensão estão fundamentalmente envolvidos. Assim, não faz sentido falar de processos mentais humanos (lembrar, deduzir, raciocinar, etc.) sem levar em conta as formas de mediação que são utilizadas na realização de tais processos. Tendo em vista que as ferramentas culturais são fornecidas por um cenário sociocultural particular, a ação humana é inerentemente “situada” em um contexto cultural, histórico e institucional. Assim, a categoria de ferramenta cultural estabelece a conexão entre os processos mentais humanos e o contexto sociocultural em que esses processos têm lugar.

O modelo de distribuição conceitual

Com base nas ideias de Wertsch (1991, 1998, 2002), esboçamos uma versão distribuída da mudança conceitual ao examinar o modo como as concepções em ciências são fundamentalmente organizadas pelos recursos textuais que elas empregam; especialmente recursos textuais na forma de explicações – tanto escritas como faladas. Essa formulação está fundamentada em uma analogia entre as concepções em ciências e a memória coletiva,

conforme mostra a tabela 1. Nesse sentido, as “concepções” em ciências são vistas como uma representação da realidade compartilhada por membros de um coletivo.

Memória coletiva distribuída	Distribuição conceitual
<ul style="list-style-type: none"> • Memória coletiva • Eventos históricos (passado) • Narrativas nacionais 	<ul style="list-style-type: none"> • Concepções em ciências • Fenômenos naturais (realidade) • Explicações científicas

Tabela 1. Analogia entre a memória coletiva e as concepções em ciências.

No modelo de distribuição conceitual, as concepções em ciências são vistas como sendo “distribuídas” em dois sentidos: (1) socialmente, a partir de interações em pequenos grupos; (2) instrumentalmente, no sentido de que envolvem tanto agentes como instrumentos de conhecimento. No caso da “distribuição social”, por exemplo, Mortimer e Scott (2002) desenvolveram uma ferramenta analítica para examinar a “construção colaborativa” de significados que ocorre nas aulas de ciências quando professor e alunos trabalham juntos para representar algum aspecto da realidade. A “distribuição instrumental”, por outro lado, envolve agentes (agindo sozinhos ou coletivamente) e as ferramentas culturais que eles empregam; ferramentas culturais como diagramas, mapas, simulações computacionais e explicações.

A noção de distribuição instrumental traz importantes contribuições para o debate sobre mudança conceitual. Em primeiro lugar, as ferramentas culturais não são criadas pelos agentes que as utilizam, mas são recursos disponíveis em uma cultura (ROTH et al., 2008). Em outras palavras, elas formam um “kit de ferramentas” (WERTSCH, 1991) fornecido por um cenário sociocultural particular. Nessa perspectiva, aprender ciências é uma questão de “dominar” explicações científicas fornecidas por outros. Em segundo lugar, o domínio sobre uma nova ferramenta cultural não implica necessariamente o abandono de outras formas de mediação. Como diferentes explicações geram diferentes representações do mundo, é possível para o indivíduo coordenar diferentes concepções da realidade em diferentes contextos. Essa questão já foi apontada por outros autores (LINDER, 1993; POZO et al., 1999; SOLOMON, 1983; SPADA, 1994) e está na base do modelo de perfil conceitual de Mortimer (1995). Nesse sentido, aprender ciências envolve “privilegiar” (WERSCH, 1991) as ferramentas culturais da ciência em contextos apropriados.

Além disso, ao considerar as explicações como ferramentas culturais para representar a realidade, o foco da análise se desloca do plano cognitivo para o plano sociológico uma vez que diferentes grupos pressupõem diferentes ferramentas. Assim, é possível conceber o ensino de ciências como uma “cruzada de fronteira” na subcultura de outro grupo, conforme sugerido por Aikenhead (1996). É importante ressaltar que os modelos de mudança conceitual inspirados na teoria de Kuhn raramente consideram a dimensão sociológica implicada na sua proposta. Conforme apontou diSessa (2006), essa omissão chega a ser irônica, visto que a noção de “matriz disciplinar” é central na análise kuhniana. Assim, há pelo menos dois sentidos em que as concepções em ciências são vistas como sendo distribuídas socialmente. Em primeiro lugar, no modelo de distribuição conceitual, termos como “conceber” ou “conceitualizar” podem ser atribuídos tanto a grupos (pequenos ou grandes) como a indivíduos. Diversos autores reconhecem essa questão ao analisar a construção de significados nas aulas de ciências (e.g. FURBERG e ARNETH, 2008). Em segundo lugar, as concepções são consideradas como sendo distribuídas *entre* membros de um coletivo.

De acordo com o segundo sentido, membros de um grupo compartilham uma representação da realidade porque eles compartilham recursos textuais, o que significa que o foco da análise ainda recai sobre a mediação. Entretanto, essa distribuição pode ser de três

tipos: (a) homogênea; (b) complementar; (c) de contestação. A distribuição homogênea significa que os membros de um coletivo compartilham exatamente a mesma concepção da realidade. Vários estudos têm mostrado que estudantes compartilham as mesmas ideias sobre conceitos científicos tais como a forma da Terra (e.g. VOSNIADOU e BREWER, 1992) ou a relação entre força e movimento (e.g. CLEMENT, 1982). Já no caso da distribuição complementar, diferentes membros de um grupo podem ter diferentes concepções sobre um mesmo fenômeno, mas essas concepções são vistas como sendo complementares. As concepções clássica e quântica de átomo, por exemplo, podem ser consideradas complementares na medida em que correspondem a diferentes domínios de aplicação (MORTIMER, 1996). Finalmente, a distribuição de contestação pressupõe que diferentes membros de um coletivo podem ter diferentes concepções sobre um mesmo fenômeno, mas nesse caso essas concepções são vistas como concorrentes. Bizzo (1993), por exemplo, utilizou a noção de “reconceitualizações sociais” para examinar as interpretações conflitantes da teoria evolutiva de Darwin, existentes no meio acadêmico. Na próxima seção, mostraremos outro exemplo, relativo a conceitos da mecânica quântica.

Concepções concorrentes em mecânica quântica

Em um número especial da revista *Science & Education*, Freire Jr. (2003) esboçou uma análise histórica da controvérsia sobre a interpretação da mecânica quântica. Apoiado nos escritos de Max Jammer (1974), o autor identificou três períodos distintos na história do desenvolvimento dessa teoria. O primeiro período, que se estende até o final da década de 40, se caracterizou pela “monocracia” da Escola de Copenhague na filosofia da mecânica quântica. Apesar das primeiras disputas entre 1925 e 1927 e das críticas iniciais de Albert Einstein e Erwin Schrödinger nos anos 30, a comunidade de físicos aderiu amplamente à interpretação da complementaridade de Niels Bohr, considerando as críticas como pertencendo estritamente ao domínio da filosofia e, portanto, fora do âmbito da ciência.

O segundo período na história da mecânica quântica constitui um período de transição que vai de 1952 até os anos 70. No início desse período, David Bohm publicou sua teoria das “variáveis ocultas”, desafiando assim a interpretação de Copenhague. Bohm pretendia resgatar o determinismo na ciência a partir de seu modelo de partículas com trajetórias bem definidas. Essa formulação atraiu partidários importantes como o físico Louis de Broglie. Apesar de não ter se tornado uma interpretação dominante, o trabalho de Bohm despertou o interesse de John Bell sobre a prova matemática de von Neumann, que proibia a introdução de variáveis ocultas no formalismo da mecânica quântica. A revisão dessa prova matemática levou a uma modificação da restrição inicial, proibindo apenas teorias realistas “locais”. Esse resultado, expresso nas famosas desigualdades de Bell, trouxe uma nova agenda para a física experimental, que passou a testar novas interpretações da mecânica quântica sem ter que lidar com questões metafísicas.

Finalmente, o terceiro período histórico, que inclui os dias atuais, é caracterizado pelo reconhecimento, por parte da comunidade de físicos, da existência de uma controvérsia científica na interpretação da mecânica quântica. Esse reconhecimento tem levado à institucionalização da controvérsia quântica através da criação de periódicos e congressos destinados a promover os debates. Esse contexto representa uma mudança de atitude entre os físicos, que passaram a enxergar a controvérsia não como um problema “metafísico”, mas como uma legítima questão científica com implicações filosóficas. Desde então, diferentes interpretações da mecânica quântica têm surgido na literatura, sendo muitas delas conflitantes entre si (ver, por exemplo, o número especial da *Science & Education*, 2003).

Em *Conceitos de Física Quântica*, Pessoa Jr. (2003) propôs quatro categorias para classificar as diferentes concepções resultantes desse debate. Na interpretação corpuscular, entidades como fótons e elétrons são descritos em termos de partículas que descrevem trajetórias bem definidas. De acordo com essa interpretação, a mecânica quântica é uma teoria estatística, de modo que seu formalismo não se aplica a uma partícula individual, mas apenas a um coletivo (ensemble) de partículas. Já a interpretação ondulatória descreve as entidades quânticas em termos de pacotes de onda, que oscilam tanto no tempo como no espaço. De acordo com essa perspectiva, as detecções pontuais são devido à descontinuidade intrínseca que ocorrem nos processos de troca de energia. A interpretação dualista-realista descreve as entidades quânticas em termos de partículas guiadas por uma onda-piloto. Nessa interpretação, as partículas descrevem trajetórias bem definidas, porém desconhecidas, e as ondas-piloto são responsáveis pelos fenômenos de interferência e difração quânticas. Já a interpretação da complementaridade associa quadros clássicos para descrever o comportamento do objeto quântico. De acordo com essa interpretação, os entes quânticos podem exibir comportamento corpuscular e ondulatório, dependendo do arranjo experimental, mas nunca os dois tipos ao mesmo tempo.

É importante destacar que a controvérsia em mecânica quântica não caracteriza mais um caso de “diferentes representações para diferentes contextos”, do mesmo tipo descrito por Linder (1993) e por Mortimer (1995). Essas diferentes interpretações competem pelo mesmo domínio de aplicação, obrigando o indivíduo a fazer uma escolha. Essa escolha, nem sempre consciente, reflete os recursos textuais compartilhados pelos membros do grupo cultural do qual o indivíduo faz parte. Assim, falar sobre mecânica quântica significa necessariamente se posicionar em um dos lados do debate, o que torna as concepções inerentemente vinculadas a múltiplas vozes (BAKHTIN, 1981). As concepções em ciências, nesse caso, tornam-se um palco de disputa e contestação entre pessoas, mais do que um corpo estruturado de conhecimentos que elas possuem.

Considerações finais

O presente trabalho apresentou um modelo alternativo para analisar o ensino de ciências baseado na noção de distribuição conceitual. Do ponto de vista desse modelo, não faz sentido falar em concepções que os estudantes “possuem”, independentemente dos contextos em que essas concepções são utilizadas. Nesse sentido, as concepções em ciências existem “na prática” (LAVE, 1996) e são moldadas por recursos textuais fornecidos por outros, especialmente recursos textuais na forma de explicações (escritas ou faladas). Assim, de acordo com o modelo de distribuição conceitual, não são nossas concepções que governam nossas explicações acerca do mundo natural, conforme pressupõem as pesquisas sobre modelos mentais (e.g. VOSNIADOU, 1994). Do nosso ponto de vista, são as explicações que aprendemos a usar que organizam nossas concepções sobre o mundo. Tendo em vista o fato de que essas explicações têm sempre um histórico de uso por parte de outros falantes, as concepções são inerentemente vinculadas a múltiplas vozes. O desafio, portanto, consiste em ouvir os recursos textuais e as vozes por trás deles, além das vozes de particulares indivíduos usando esses recursos em um contexto específico (WERTSCH, 2002).

O modelo de distribuição conceitual é análogo a versão distribuída da memória coletiva de James Wertsch. O objetivo central dessa proposta está relacionado à tarefa de reconsiderar o problema da mudança conceitual a partir de uma perspectiva sociocultural. Ao considerar as concepções em ciências como uma forma de ação mediada, o modelo de distribuição conceitual se aproxima de outros enfoques baseados no “uso de conceitos” (WELLS, 2008) e no “uso de artefatos” (IVARSSON et al., 2002). O foco nas explicações

como ferramentas culturais implica duas formas de distribuição social. Em um primeiro sentido, um grupo de indivíduos trabalhando coletivamente pode gerar uma representação particular da realidade. Em um segundo sentido, membros de um grupo compartilham uma concepção porque compartilham recursos textuais. No segundo sentido, as concepções em ciências nem sempre são homogêneas ou complementares entre si, podendo assumir a forma de teorias concorrentes. Para ilustrar esse último caso, apresentamos alguns exemplos relativos à história da mecânica quântica.

A partir da controvérsia em mecânica quântica, acreditamos que o ensino dessa teoria deveria enfatizar a “pluralidade de vozes”. Isso porque as estratégias de ensino que colocam a questão em termos de “concepções corretas” e “concepções errôneas” podem resultar inadequadas na medida em que concepções corretas do ponto de vista de uma interpretação podem ser consideradas errôneas do ponto de vista de outra, e vice-versa. Talvez, a saída para esse problema seja trazer a controvérsia para o ensino de ciências ao invés de tentar eleger uma determinada interpretação como a “correta” ou a mais “consensual” entre os físicos. Há duas possibilidades para a inserção da controvérsia quântica no ensino de física. A primeira delas consiste em apresentar as diferentes interpretações da teoria, todas no mesmo pé de igualdade. Essa formulação está na base da abordagem conceitual de Pessoa Jr (2003). Outra possibilidade é escolher uma interpretação em particular como parte de uma estratégia didática, reconhecendo, no entanto, a existência de outras interpretações possíveis.

No modelo de distribuição conceitual, a mudança conceitual não significa a aquisição de um novo conhecimento ou a reestruturação do conhecimento prévio, nem a troca de um modelo mental limitado por outro modelo mais sofisticado e poderoso. De fato, mudança conceitual não é o termo mais adequado, visto que não exatamente isso o que ocorre. Na perspectiva do modelo de distribuição conceitual, são as maneiras de representar a realidade que passa por transformações fundamentais; uma consequência direta de se considerar as concepções em ciências como uma forma de ação mediada. Assim, o conceber ou o conceitualizar sofre mudanças fundamentais e essas mudanças estão associadas ao surgimento de novas formas de mediação, especialmente explicações.

Referências

- AIKENHEAD, G. S. Science Education: Border Crossing into the subculture of Science. *Studies in Science Education*, Leeds, v. 27, n. 1, p. 1-52, 1996.
- BACHELARD, G. *A Filosofia do não: o novo espírito científico*. São Paulo: Abril Cultural, 1978.
- BAKHTIN, M. M. *The dialogic imagination: Four essays by M. M. Bakhtin*. Austin: University of Texas Press, 1981.
- BARTLETT, F. C. *Remembering: A study in experimental and social psychology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- BIZZO, N. M. V. Misconceptions or social reconceptualizations? The case of evolutionary biology. The Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Ithaca: Misconceptions Trust, 1993.
- CARAVITA, S.; HALLDÉN, O. Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, Oxford, v. 4, n. 1, p. 89-112, 1994.
- CAREY, S. *Conceptual change in childhood*. Cambridge: MIT Press, 1985.

- CLEMENT, J. Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, Melville, v. 50, n. 1., p. 66-70, 1982.
- DISESSA, A. A. A history of conceptual change research: Threads and fault lines. In: SAWYER, R. K. (Ed.). *The Cambridge handbook of the learning sciences*. New York: Cambridge University Press, 2006. p. 265-281.
- DRIVER, R. Student's Conceptions and the Learning of Science. *International Journal of Science Education*, London, v. 11, n. 5, p. 481-490, 1989.
- DUIT, R.; TREAGUST, D. F. Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, London, v. 25, n. 6, p. 671-688, 2003.
- FREIRE JR., O. A story without an ending: The quantum physics controversy 1950–1970. *Science & Education*, New York, v. 12, n. 5-6, p. 573–586, 2003.
- FURBERG, A.; ARNSETH, H. C. Reconsidering conceptual change from a socio-cultural perspective: analyzing students' meaning making in genetics in collaborative learning activities. *Cultural Studies of Science Education*, New York, v. 4, n. 1, p. 157-191, 2009.
- HALBWACHS, M. *The collective memory*. New York: Harper and Row, 1980.
- HATANO, G. Introduction. *Human Development*, Berkeley, v. 37, n. 4, p. 189-197, 1994.
- HEWSON, P. W. A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, London, v. 3, n.4, p. 383-396, 1981.
- JAMMER, M. *The philosophy of quantum mechanics: The interpretations of quantum mechanics in historical perspective*. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- KRANGE, I. Students' conceptual practices in science education: Productive disciplinary interactions in a participation trajectory. *Cultural Studies of Science Education*, New York, v. 2, n. 1, p. 171-203, 2007.
- KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. 5 ed. São Paulo: Perspectiva, 1997.
- LIMÓN, M.; MASON, L. *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- LAVE, J. Teaching, as learning, in practice. *Mind, Culture and Activity*, Philadelphia, v. 3, n. 3, p. 149-164, 1996.
- LINDER, C. J. A Challenge to conceptual change. *Science Education*, New York, v. 77, n. 3, p. 293-300, 1993.
- MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, New York, v. 3, n. 2. p. 267-285, 1995.
- MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 107-126, 2002.
- NIEDDERER, H.; GOLDBERG, F.; DUIT, R. Towards Learning Process Studies: A review of the Workshop on Research in Physics Learning. In: R. DUIT, F. GOLDBERG e H. NIEDDERER (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and empirical Studies*, IPN, Kiel, 1991, p. 10-28.

- PESSOA JR., O. *Conceitos de física quântica*. São Paulo, Livraria da Física, 2003.
- PINTRICH, P. R.; MARX, R. W.; BOYLE, R. A. Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change. *Review of Educational Research*, Washington, v. 63, n.1, p. 167-199, 1993.
- POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, New York, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.
- POZO, J.; GÓMEZ, M.; SANZ, A. When change does not mean replacement: Different representations for different contexts. In: SCHNOTZ, W.; VOSNIADOU, S.; CARRETERO, M. (Eds.). *New perspectives on conceptual change*. Oxford: Elsevier, 1999. p. 161–174.
- ROTH, W-M. A question of competing paradigms? *Cultural Studies of Science Education*, New York, v. 3, n. 2, p. 373-385, 2008.
- ROTH, W.-M.; LEE, Y, J.; HWANG, S. Culturing Conceptions: From First Principles. *Cultural Studies of Science Education*, New York, v. 3, n. 2, p. 231-261, 2008.
- SÄLJÖ, R. Concepts, cognition and discourse: From mental structure to discursive tools. In: SCHNOTZ, W.; VOSNIADOU, S.; CARRETERO, M. (Eds.), *New Perspectives on Conceptual Change*. Oxford: Elsevier, 1999, p. 81-90.
- SCHNOTZ, W.; VOSNIADOU, S.; CARRETERO, M. *New Perspectives on Conceptual Change*. Oxford: Elsevier, 1999.
- SOLOMON, J. Learning about energy: How pupils think in two domains. *European Journal of Science Education*, London, v. 5, n. 1, p. 49-59, 1983.
- SPADA, H. Conceptual change or multiple representations? *Learning and Instruction*, Oxford, v. 4, n. 1, p. 113–116, 1994.
- TOBIN, K. (2008). In search of new light: Getting the most from competing perspectives. *Cultural Studies of Science Education*, New York, v. 3, n. 2, p. 227-230, 2008.
- TREAGUST, D. F.; DUIT, R. Compatibility between cultural studies and conceptual change in science education: there is more to acknowledge than to fight straw men! *Cultural Studies of Science Education*, New York, v. 3, n. 2, p. 387-395, 2008.
- VOSNIADOU, S. Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, Oxford, v. 4, n. 1, p. 45-69, 1994.
- VOSNIADOU, S. The Cognitive-Situative Divide and the Problem of Conceptual Change. *Educational Psychologist*, v. 42, n. 1, p. 55-66, 2007a.
- VOSNIADOU, S. The Conceptual Change Approach and its Re-Framing. In: VOSNIADOU, S.; BALTAS, A.; VAMVAKOUSSI, X (Eds.). *Re-framing the conceptual change approach in learning and instruction*. Oxford: Elsevier, 2007b.
- VOSNIADOU S. *International handbook of research on conceptual change*. New York: Routledge, 2008.
- VOSNIADOU, S. Bridging culture with cognition: A commentary on “culturing conceptions: from first principles”. *Cultural Studies of Science Education*, New York, v. 3, n. 2, p. 277-282, 2008.
- VOSNIADOU, S.; BALTAS, A.; VAMVAKOUSSI, X. *Re-framing the conceptual change approach in learning and instruction*. Oxford: Elsevier, 2007.

WELLS, G. Learning to use scientific concepts. *Cultural Studies of Science Education*, New York, v. 3, n. 2, p. 329-350, 2008.

WERTSCH, J. V. *Voices of the mind: A sociocultural approach to mediated action*. Cambridge: Harvard University Press, 1991.

WERTSCH, J. V. *Mind as action*. New York, Oxford University Press, 1998.

WERTSCH, J. V. *Voices of collective remembering*. New York, Cambridge University Press, 2002.

WERTSCH, J. V. The narrative organization of collective memory. *Ethos*, Urbana, v. 36, n. 1, p. 120-135, 2008.