

Uma análise sociocultural da estrutura de explicações no Ensino de Física

A sociocultural analysis of explanations' structure in physics teaching

Renato Felix Rodrigues

Instituto de Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
renato.felix@ufrgs.br

Alexsandro Pereira de Pereira

Instituto de Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Alexsandro.pereira@ufrgs.br

Resumo

Explicações estão onipresente em atividades de ensino de ciências, mas as pesquisas realizadas nesta área tem dedicado pouca atenção para este importante elemento do ensino de ciências. Neste trabalho propomos a elaboração de um mecanismo de análise que empregue as explicações científicas como instrumento mediador do modo como o conhecimento científico é compartilhado nos ambientes escolares. Para tal tarefa empregamos como referencial teórico a teoria da ação mediada produzida por James Wertsch (1991). Inspirados em trabalhos feitos por Wertsch (2008), analisamos um dos dois elementos que consideramos constituir a estrutura organizacional das explicações científicas e utilizamos os diagramas temáticos propostos por Lemke (1990) como instrumento analítico.

Palavras chave: explicações científicas, ação mediada, meios mediacionais, diagrama temático, relações semânticas.

Abstract

Explanations are ubiquitous in science teaching, but researches carried out in this area have devoted little attention to this important element of science teaching. In this paper we propose to elaborate a mechanism that employs scientific explanations as mediational means of the way in which scientific knowledge is shared in school environments. For this task we use as theoretical framework the theory of mediated action produced by James Wertsch (1991). Inspired in Wertsch's works (2008), we analyze one of the two elements that we believe constitute the organizational structure of scientific explanations and use thematic diagrams proposed by Lemke (1990) as an analytical tool.

Key words: scientific explanations, mediated action, mediational means, thematic diagrams, semantic relationship.

Introdução

As explicações científicas permeiam todo o ensino de física. Estão presentes tanto nos livros didáticos quanto na fala de professores e alunos. As explicações podem ser utilizadas para descrever leis gerais, experimentos, fenômenos naturais, etc. Os trabalhos realizados sobre as explicações científicas podem ser divididos em duas áreas: a primeira delas diz respeito aos trabalhos produzidos por filósofos das explicações como Hempel e Oppenheim (1948) e se dedica a analisar as explicações científicas em nível epistemológico. Já a segunda área diz respeito aos trabalhos relacionados às explicações científicas utilizadas em âmbito escolar e neles são propostas abordagens diversas sobre as explicações (MORTIMER, 2000; LEMKE, 1990; OGBORN; KRESS; MARTINS; MCGILLICUDDY, 1996; MARTINS; OGBORN; KRESS, 1999).

Propomos aqui um modo de abordar as explicações científicas usadas por professores para ensinar física a partir de uma perspectiva sociocultural. Assim, utilizamos trabalhos realizados por Wertsch (2008) sobre as narrativas para identificar elementos estruturais que narrativas e explicações possuam em comum. Neste trabalho nos concentramos particularmente na análise de uma das estruturas organizacionais das explicações científicas, as explicações específicas. Para realizar tal análise utilizamos os diagramas temáticos propostos por Lemke (1990). Como dito por Sepulveda e El-hani (2014), na visão deste autor “aprender ciência não se restringe apenas a dominar definições de conceitos, mas envolve aprender como combinar os significados dos diferentes termos de acordo com os modos aceitos de falar nas ciências”. Desta forma, aprender ciência é visto como uma tarefa semelhante ao aprendizado de uma linguagem conceitualmente especializada. Utilizaremos os diagramas temáticos propostos por Lemke para a análise de tais relações como instrumento analítico, exemplificando seu uso com uma explicação curta referente ao conteúdo de cinemática.

Referencial teórico

James Wertsch é um psicólogo americano e sua teoria é fortemente influenciada pelas ideias de Vygotsky (1991, 2008) sobre o modo como os indivíduos empregam instrumentos e signos na realização de tarefas e resolução de problemas, e pelo modo como os processos mentais superiores são influenciados pelo contexto social no qual os sujeitos estão inseridos. Wertsch (1998) propõe uma abordagem multidisciplinar da ação mental humana, considerando como os três pilares fundamentais para que a ação humana possa ser adequadamente compreendida os contextos histórico, social e cultural que envolvem a realização desta ação. Para ele “o objetivo básico de uma abordagem sociocultural da mente é criar uma explicação do processo mental humano que reconheça a relação essencial entre estes processos e seu contexto cultural, histórico e institucional” (WERTSCH, 1991, p.6, nossa tradução).

A teoria da ação mediada se interessa pelas funções mentais que são tipicamente humanas, aquelas construídas ao longo da história do homem através de sua relação com os outros como linguagem, pensamento verbal, processos voluntários, ações conscientes e mecanismos intencionais que dependam de processos de aprendizagem. São essas ações que Wertsch considera como sendo mediadas por ferramentas psicológicas e que sua teoria se dedica a estudar. Wertsch (1991) critica a visão cognitivista que historicamente tem dominado as pesquisas da área de psicologia da educação e destaca o papel que as ferramentas empregadas para a realização destas ações possuem. Assim, sua teoria não adota o indivíduo isolado como unidade de análise mas sim o conjunto que surge da tensão existente entre os sujeitos e as ferramentas que eles empregam, o que Wertsch (1991) chama de indivíduo(s)-agindo-com-meios-mediacionais.

Dentro da perspectiva da ação mediada é fácil notar que a realização de uma ação pode ser significativamente alterada dependendo das ferramentas que o sujeito disponha para realizá-la. Utilizando como exemplo a multiplicação de dois números compostos por vários algoritmos, se o sujeito puder (e souber) usar uma calculadora para fazer o cálculo, mesmo que ele possa chegar ao mesmo resultado que seria obtido através do uso de lápis e papel, a ação realizada é fundamentalmente diferente nos dois casos dependendo de qual seja a ferramenta utilizada. No entanto, isso não quer dizer que a ferramenta sozinha seja capaz de realizar a ação. É necessário um sujeito competente no emprego da ferramenta para que se alcance um resultado satisfatório. É daí que surge a necessidade de incluir na análise tanto o sujeito quanto as ferramentas por ele empregadas. Além disso, é “importante destacar o fato de que dar primazia analítica à ação humana não significa explicar o que ocorre “dentro da cabeça” do indivíduo enquanto o mesmo realiza a ação. O foco está na ação em si e em todos os aspectos nela envolvidos” (PEREIRA; OSTERMANN, 2012).

Wertsch incorpora à sua visão a ideia de que atividades humanas como raciocínio e memória podem ser distribuídas socialmente (PEREIRA; OSTERMANN; CAVALCANTI, 2012). Em seus trabalhos Wertsch (2008) se dedica a estudar o modo como funções mentais como a memória podem ser compartilhadas entre membros de uma sociedade, abordando especificamente o papel que as narrativas desempenham como ferramentas culturais utilizadas para o compartilhamento da memória.

Explicações como ferramentas culturais

Wertsch (2002) utiliza sua teoria da ação mediada para analisar a memória coletiva produzida por comunidades. Segundo sua teoria, funções mentais superiores podem ser compartilhadas pelos membros de uma comunidade através de duas formas: socialmente, por meio da interação entre membros do grupo, e instrumentalmente, através do uso de ferramentas culturais compartilhadas. Wertsch (2008) analisa a distribuição instrumental do conhecimento histórico, focando especificamente no papel que recursos textuais estruturados na forma de narrativas desempenham para mediar o compartilhamento do conhecimento sobre acontecimentos históricos em certas comunidades, como cidadãos dos Estados Unidos ou que vivem em países que fizeram parte da antiga União Soviética.

Aqui buscamos nos inspirar nesses trabalhos realizados por Wertsch para analisar como o conhecimento científico é instrumentalmente compartilhado dentro de nossa sociedade. Para isso, adotamos as explicações científicas como ferramenta cultural compartilhada pelos membros da comunidade científica.

A natureza das explicações científicas tem sido palco de debate pelo menos ao longo das últimas cinco décadas entre filósofos da ciência (SALMON, 1989) e não pretendemos abordar esta questão aqui. Neste trabalho estamos abordando o modo como explicações são instrumentalmente compartilhadas por meio de fontes textuais, considerando como explicações científicas, portanto, a forma tradicionalmente apresentada em livros didáticos de relacionar conceitos e elementos teóricos das ciências da natureza e fenômenos naturais; através de enunciados, exemplos, analogias, etc.

Em nossa abordagem estamos considerando que o modo de se comunicar cientificamente constitui um exemplo do que Bakhtin categoriza como linguagem social, ou seja, uma forma peculiar de comunicação empregada por membros de um grupo específico em certos contextos (WERTSCH, 1991).

Estruturas das explicações científicas

Na análise de explicações científicas aqui proposta utilizamos as mesmas categorias que Wertsch emprega em seu trabalho com as narrativas. Tal análise se concentra em duas estruturas: a estrutura funcional das explicações e sua estrutura organizacional.

Com relação à estrutura funcional, a classificação de Wertsch implica em considerar duas dimensões de funcionamento das narrativas: uma referencial e outra dialógica. Tal estrutura não será abordada nesse trabalho.

Já com respeito à estrutura organizacional, as explicações são compreendidas como sendo constituídas de dois elementos básicos: explicações específicas e moldes explicativos esquemáticos.

Os moldes explicativos esquemáticos consistem de estruturas genéricas empregadas em diferentes explicações, incluindo entre conteúdos distintos, mas que possuam uma estrutura organizacional comum (WERTSCH, 2002). Isso não quer dizer que estamos supondo a existência de uma única e rígida estrutura que permeia qualquer explicação produzida a cerca de qualquer conteúdo, mas sim afirmar que podem existir alguns padrões estruturais que sejam aplicados a explicações diversas. Desse modo, parte da tarefa de aprender a produzir explicações científicas consiste no domínio e no uso de modo adequado de tais estruturas explicativas. Apesar de sua importância para a questão, também não nos aprofundaremos no estudo dos moldes explicativos esquemáticos neste trabalho.

O alvo desse trabalho são as explicações específicas. Ao contrário dos moldes explicativos esquemáticos, as explicações específicas estão relacionadas com o que há de particular nas explicações científicas produzidas sobre determinado tema, de modo que a ausência dessas estruturas muitas vezes possa ser considerada como sinal de incompletude ou inadequação da explicação que esteja sendo analisada (WERTSCH, 2002). As explicações específicas constituem as peculiaridades referentes às explicações sobre um determinado assunto. Além de jargões e termos técnicos, um outro elemento que ajuda a compreender a estrutura das explicações específicas são os padrões temáticos utilizados por Lemke (1990). Lemke introduz esse conceito por considerar que os conteúdos de cada área técnica e científica podem ser expressos de vários modos diferentes. Dessa forma, considera que as palavras e o vocabulário podem variar, mas o padrão semântico existente entre os termos utilizados dentro do discurso científico sempre permanece o mesmo.

Lemke (1990) define o padrão temático como o padrão de conexão entre o significado de palavras em um campo particular das ciências. Este é um padrão de relação semântica que descreve o conteúdo temático, o conteúdo científico, de uma área tópico particular. Esse padrão funciona como uma rede de relação entre conceitos científicos em um campo mas descritos semanticamente, em termos de como a linguagem é usada naquele campo.

Passaremos agora a analisar o modo como as relações semânticas propostas por Lemke (1990) podem contribuir para operacionalizar a análise do que chamamos de explicações específicas.

Diagramas temáticos

Utilizando esta noção de padrões temáticos, Lemke (1990) propõe como instrumento de análise o que ele chama de diagramas de padrão temático. Em tais diagramas, duas palavras – ou itens temáticos – são ligadas por classificadores que representam relações semânticas. Relações semânticas são mais gerais e abstratas que relações gramaticais, mas são similares de muitas formas. A principal diferença é que a mesma relação semântica pode ser expressa de diferentes formas gramaticalmente, como nas frases 'eu explico um fenômeno', 'eu forneço

explicações para certo fenômeno', 'determinado fenômeno é explicado por mim', etc. A maioria das relações semânticas conecta dois termos, então se nós desenharmos uma linha entre eles em nosso diagrama, nós podemos identificar essa linha com abreviações das relações semânticas existentes entre os termos. Lemke (1990) apresenta uma série dessas relações estabelecidas para a língua inglesa. A abreviação geralmente consiste do papel semântico de cada um dos termos separados por uma barra (/). Estes são listados em uma legenda logo abaixo do diagrama.

Às vezes o mesmo termo pode ser ator de dois processos diferentes e, obviamente, o objetivo ou resultado de um processo pode ser o ator de outro e assim por diante. É assim que relações semânticas simples podem ser ligadas em padrões semânticos complexos.

Lemke (1990) também enfatiza que os itens semânticos de um diagrama são representados por palavras, mas que na verdade eles não são palavras. Itens semânticos correspondem aos significados que são expressos através das palavras. Dessa forma, os elementos de um diagrama temático podem ser compreendidos como conceitos, no sentido de que eles podem ser expressos por muitas palavras diferentes. Assim, os termos de um diagrama semântico devem ser chamados de itens temáticos, ou termos temáticos, para distingui-los de palavras de fato.

O autor afirma que os diagramas em si se tornam essenciais quando os padrões temáticos se tornam mais complexos, e quando os mesmos significados são expressos com palavras muito diferentes e formas gramaticais diferentes também.

Para exemplificar o uso de um diagrama semântico construímos um deles para representar as relações semânticas tradicionalmente expressas em livros didáticos de física para o ensino Médio com relação a um de seus conteúdos mais elementares, cinemática.

Para a construção de tal diagrama seguimos metodologia semelhante à utilizada por Sepulveda, Reis, Almeida, Carneiro, Amarante e El-Hani (2011). Inicialmente, analisamos um dos livros didáticos de física adotados pelo PNL (PIETROCOLA; POGIBIN; ANDRADE; ROMERO, 2010) para construir uma explicação compacta que resumisse as ideias principais referentes a um conteúdo genérico da física, que optamos por ser a cinemática. Após esta etapa selecionamos os itens temáticos correspondentes e analisamos relações semânticas observadas entre conceitos pertinentes para o estudo deste tópico. Segue a baixo a explicação produzida ao longo deste processo:

Considerando que grandezas são tudo o que pode ser medido, algumas das grandezas fundamentais da cinemática são comprimento, tempo e velocidade. A posição indica o lugar que um corpo ocupa no espaço, medida sempre com relação a um ponto de referência. Os movimentos mais simples ocorrem quando a velocidade é constante. Nesse caso, o movimento é classificado como movimento retilíneo uniforme (MRU). Neste tipo de movimento a velocidade média é expressa a partir da razão entre a variação da posição e a variação do tempo.

Os itens temáticos identificados para esta explicação foram: grandezas físicas, mensuráveis, posição, tempo, velocidade, posição, espaço, referencial, movimento, velocidade constante, velocidade média, MRU, variação de posição e tempo.

Ao analisarmos esta explicação utilizando as relações semânticas indicadas por Lemke (1990) identificamos que tais itens temáticos está sujeitos às relações semânticas indicadas na tabela 1.

Item temático 1	palavras de ligação	Item temático 2	Relação semântica
Grandezas físicas	são	Mensuráveis	portador/atributo
Posição, Tempo e Velocidade	exemplo de	Grandezas Físicas	elemento/conjunto
Posição	representa a localização de um corpo no	Espaço	localizado/localizador
Posição	depende de um	Ponto de Referência	portador/atributo
Velocidade	-	Constante	coisa/classificador
Movimento	-	Retilíneo	coisa/classificador
Movimento	-	Uniforme	coisa/classificador
Movimento com Velocidade Constante	é denominado	Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)	sinônimo/sinônimo
Velocidade	-	Média	coisa/classificador
Velocidade Média	é igual à	Variação da posição dividida pela variação do tempo	identificado/identificador
Variação	-	posição, tempo	processo/meio

Tabela 1: relações semânticas entre itens temáticos.

Por meio dessas relações semânticas, podemos observar que os itens temáticos retirados desta explicação se relacionam de modo que ser mensurável é um atributo possuído pelas grandezas físicas e que comprimento/posição, tempo e velocidade são exemplos individuais de elementos que se encaixam na categoria dessas grandezas físicas. Há também a relação de que o espaço é o lugar onde a posição se localiza e que o item posição possui o atributo de ser relativo. Já o item velocidade possui os classificadores constante e média, e movimento retilíneo uniforme é visto como sinônimo de possuir velocidade constante. Já a velocidade média é relacionada com o identificador 'variação da posição dividida por variação do tempo'. Nesta última relação, posição e tempo são entendidos como meios através do qual o processo variação ocorre.

Por fim, podemos construir o diagrama temático que consta na Figura 1 conectando os itens temáticos através de abreviações das relações semânticas existentes entre eles. Usamos as seguintes abreviações para representar as relações identificadas: Co/Cl (coisa/classificador); Po/At (portador/atributo); Pr/Me (processo/meio); El/Cnj (elemento/conjunto); Lo/Lr (localizado/localizador); Sin (sinônimo); Ido/Idr (identificado/identificador).

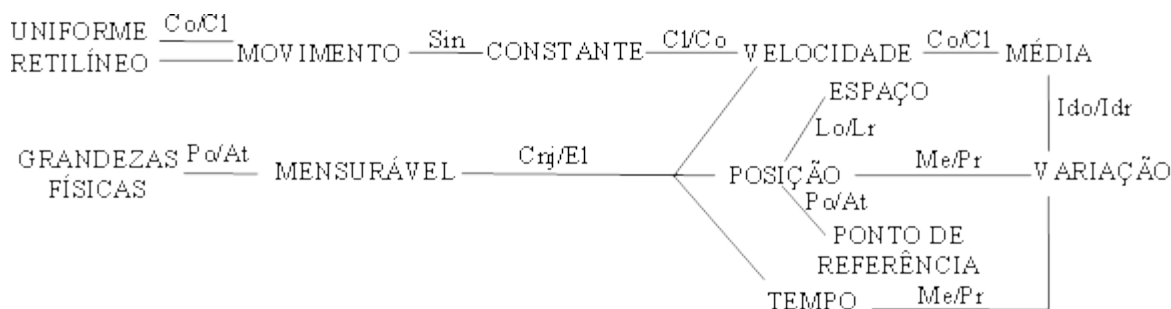


Figura 1: diagrama temático para uma explicação sobre cinemática.

Considerações finais

Com base nos argumentos aqui apresentados, a teoria da ação mediada de Wertsch parece-nos um referencial promissor para a elaboração de uma ferramenta de análise mais completa para estudo de explicações científica. Aqui foi abordado apenas um dos elementos que consideramos constituir a estrutura organizacional das explicações científicas, as explicações específicas, sendo assim necessária a realização de outras investigações sobre o tema para que uma articulação teórica mais completa seja elaborada.

Sobre o uso dos diagramas temáticos como instrumento de análise de explicações, tal ferramenta possibilita uma análise de natureza mais profunda sobre a relação entre os conceitos que constituem as explicações do que análises que utilizem outros instrumentos como o mapa conceitual (MOREIRA, 1984) ou o diagrama V de Gowin (MOREIRA, 1991), sendo também esta representação mais consistente com o referencial sociocultural aqui adotado. Outra vantagem é seu potencial aparente para evidenciar o papel do que chamamos de explicações específicas, podendo vir a ser uma ferramenta útil para operacionalizar tal tipo de análise. Como ponto negativo identificamos a dificuldade que tal ferramenta impõe a usuários que não tenham familiaridade com relações semânticas.

Por fim, destacamos que este se trata apenas de um primeiro passo na tentativa de criar uma ferramenta analítica para o estudo de explicações científicas no Ensino de Física, que possivelmente poderá vir a ser ampliada e estendida para outras disciplinas com a realização de trabalhos futuros.

Agradecimentos

Ao conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

Referências

- HEMPEL, C. G.; OPPENHEIM, P. Studies on the logic of explanation. **Philosophy of science**. V. 15, n.2, 1948, p. 135-175.
- LEMKE, J. L. **Talking Science: Language, Learning, and Values**. Westport: Greenwood Press, 1990.
- MARTINS, I.; OGBORN, J.; KRESS, G. Explicando uma explicação. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**. V. 1, n.1, 1999, p. 1-14.
- MOREIRA, M. A. . O mapa conceitual como instrumento de avaliação da aprendizagem. **Educação e Seleção**, v. 10, 1984, p. 3-16
- MOREIRA, M. A. . O Vê epistemológico de Gowin como recurso instrucional. **Boletín de La Academia Nacional de Ciencias**, Córdoba, v. 60, 1991, p. 154-166.
- MORTIMER, E. F. Microgenetic analysis and the dynamic of explanations in science classroom. In: **III Conference for Sociocultural research**, 2000, Campinas.
- OGBORN, J.; KRESS, G.; MARTINS, I.; MCGILLICUDDY, K. **Explaining Science in the Classroom**. Buckingham: Open university press, 1996.
- PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. A aproximação sociocultural à mente, de James V. Wertsch, e implicações para a educação em ciências. **Ciência & Educação**. V. 18, n.1, 2012, p. 23-39.

- PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Um exemplo de “distribuição social da mente” em uma aula de física quântica. **Ciência & Educação**. V. 18, n.2, 2012, p. 257 – 270.
- PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; OLIVEIRA, R. C. A.; ROMERO, T. R. L. **Física em contextos: pessoal, social e histórico: movimento, força, astronomia**. São Paulo: FTD, 2010.
- SALMON, W. C. Four Decades of Scientific Explanation. In: KITCHER, P.; SALMON, W. C. (Eds.). **Studies in the philosophy of science: Scientific Explanation**. Minneapolis p. 3-195. Minneapolis: University of Minnesota Press , 1989.
- SEPULVEDA, C.; EL-HANI, C. N. Obstáculos epistemológicos e sementes conceituais para a aprendizagem sobre adaptação: uma interpretação epistemológica e sociocultural dos desafios no ensino de evolução. **Acta Scientiae**. V.16, n.2, 2014, p. 237-263.
- SEPULVEDA S. C.; REIS, V. P. G. S.; ALMEIDA, M. C.; CARNEIRO, M. C. L.; AMARANTE, A. L. A. C. P. EL-HANI, C. N. Uma ferramenta sociocultural de análise da apropriação da linguagem social da ciência escolar. **Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, a.668-3. Campinas: ABRAPEC, 2011.
- VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes , 1991.
- VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes , 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**. Cambridge: Cambridge University Press , 2002.
- WERTSCH, J. V. The narrative organization of collective memory. **Ethos**. V. 36, n.1, 2008, p. 120-135.