

O INTERACIONISMO NA CONSTRUÇÃO DOS PARADIGMAS

Demétrio Delizoicov*

Resumo O artigo aborda uma interpretação do processo cognitivo envolvido na construção e apropriação de paradigmas (Kuhn). Aspectos das dimensões sócio-interacionista (Vygotsky) e construtivista (Piaget) forneceram as bases para esta interpretação com a qual se realizou um ensaio sobre a mudança paradigmática ocorrida com a instituição da Ciência Moderna. Argumenta-se sobre a necessidade de considerar como complementares as propostas vygotkiana e piagetiana para uma compreensão da constituição do aparato cognitivo que possibilita a construção e apropriação de paradigmas.

Palavras-chaves: Cognição; Produção de conhecimentos; Significação; Matriz disciplinar.

Abstract This paper presents an interpretation of the cognitive process involved in the construction and appropriation of paradigms (Kuhn). Some aspects of the socio-interactionist dimension (Vygotsky) and of the constructivist one (Piaget) provided the bases for this interpretation, from which an essay was made about the paradigmatic change that resulted in the institution of the Modern Science. It is argued that there is a need to consider the Vygotskian and Piagetian proposals as complementary to an understanding of the formation of the cognitive apparatus that enables the construction and appropriation of paradigms.

Descriptors: Cognition; Knowledge production; Meaning; Disciplinary Matrix.

Introdução

O modelo de Vygotsky (1984, 1987), sobre a formação social da mente, vem suscitando questões de investigação quer de âmbito interno, como por exemplo em Leite (1991), Goes (1991), quer em relação à complementaridade existente com outras teorias da psicologia (Houdé e Winnykammen, 1992). A partir de suas premissas, contudo, é possível aprofundar alguns pontos sobre os paradigmas de Kuhn (1975) e levantar outras questões. Neste artigo ele será útil para uma compreensão dos aspectos cognitivos envolvidos na formação dos membros que compartilham os paradigmas específicos de suas respectivas comunidades, ou seja, o destaque de Kuhn para o que ele denomina de psicologia do conhecimento (Kuhn, 1979) ao caracterizar o perfil psicológico-cognitivo dos membros daquelas comunidades.

Paradigmas e o Meio Sócio-cultural

Kuhn no pós-fácio de *A Estrutura das Revoluções Científicas*, da edição de 1969, refina a sua concepção de paradigma propondo a expressão *Matriz Disciplinar*, como um dos sentidos de paradigma. A Matriz Disciplinar estrutura o compromisso de um grupo de especialistas e é constituída de elementos articulados entre si, mantendo um inter-relacionamento e formando um todo que funciona em conjunto, compartilhado pelos membros do grupo. Dentre outros elementos dessa Matriz Disciplinar há a *Generalização Simbólica*, ou seja, expressões lógicas apresentadas formalmente através de símbolos como, por exemplo, $F = dp/dt$ para definir força. Temos o uso da linguagem matemática para

* Professor da Universidade Federal de Santa Catarina

estabelecer relações entre símbolos que têm seu significado na construção histórica quer dos conceitos que representam, quer na explicitação da relação entre eles, oriundos do enfrentamento de problemas específicos para a compreensão do comportamento da natureza. Ao compartilhar o paradigma através da interação sócio-cultural com o grupo de especialistas, um membro em formação deve se apropriar das Generalizações Simbólicas historicamente construídas e usá-las como instrumentos para a solução de problemas de investigação.

No entanto, ao se admitir o pressuposto da universalidade (Oliveira,1991) do entrelaçamento dos processos culturalmente determinados com os processos naturais, com a maturação física e com os mecanismos sensoriais do sujeito para produzir as funções psicológicas do adulto, como um modo de estudo de psicologia que Vygotsky denominava de "cultural", "histórica" ou "instrumental" (Luria,1988), nos deparamos com um problema decorrente deste próprio pressuposto, mas que exige, ao mesmo tempo, um outro associado àquele. É a universalidade dos paradigmas - mesmo representando uma linguagem restrita e específica - compartilhados por cientistas que têm sua origem em distintos meios históricos e culturais, inclusive se expressando em distintas línguas, mas que usam os paradigmas para estabelecer comunicação.

Os paradigmas compartilhados por uma determinada comunidade científica (de físicos, por exemplo) atendem ao primeiro pressuposto de universalidade, uma vez que os paradigmas são padrões historicamente construídos pela comunidade para investigar seus problemas e que, por sua vez, são empregados para a formação cultural e

instrumental dos elementos que a constituem.

Assim, o sujeito que alcança conhecimento via interação sócio-cultural com o meio para produzir as *funções psicológicas complexas* (Vygotsky), e, estas, capacitando-o cognitivamente, pode pertencer a distintos meios sócio-culturais, e, estes, como fazendo parte de outros, ou mesmo em relação de interdependência. No caso específico do exemplo do sujeito pertencente à comunidade de físicos, ele é também um membro formado por um meio sócio-cultural que lhe permite, entre outros conhecimentos socializados na interação, o da língua mãe. É neste que aquele anterior se insere, ao mesmo tempo que dele se diferencia, na medida em que o meio sócio-cultural específico em que o físico é formado preserva a sua identidade e a sua universalidade ao inserir-se e ao interagir com meios sócio-culturais mais amplos e distintos entre si.

Paradigmas e o Sujeito Epistêmico/Interacionista

Parece, então, necessário admitir também como pressuposto uma invariância do sujeito cognoscente em relação aos distintos meios sócio-culturais que contribuem para a formação social da mente, em termos de aparelhá-lo cognitivamente para a produção das funções psicológicas superiores e que lhe permitam a apropriação de paradigmas e a produção de conhecimentos por eles enquadrados, ou mesmo contribuam para a construção de outros novos paradigmas que provoquem rupturas com os velhos durante o período de revolução científica.

É com base neste pressuposto que se pode examinar a contribuição do modelo piagetiano para a compreensão do problema.

Considerar o sujeito epistêmico - que é universal, na medida em que caracteriza a possibilidade da espécie humana de construir as estruturas cognitivas que lhe permitem alcançar conhecimento - e investigar as contribuições específicas do(s) meio(s) em que atua o sujeito para a construção da sua capacidade cognitiva.

No modelo piagetiano (Piaget, 1976) o processo de *assimilação-acomodação* que ocorre na interação sujeito-objeto, via *ações* do sujeito sobre os objetos do conhecimento, é decorrência de *regulações* internas do organismo cognitivo frente às *perturbações* a que o sistema está exposto. Estas podem ser geradas por *obstáculos* ou *lacunas* impondo *regulações* para que o sistema entre em *equilíbrio*, pelas ações próprias do sujeito como reações às perturbações.

Há, no entanto, uma coordenação-geral das ações que, segundo Piaget, "é tanto coletiva como ligada às coordenações nervosas" (Piaget, 1973, p.8). A afirmação é argumentada sob o ponto de vista que

a identidade profunda das operações próprias ao trabalho intelectual dos indivíduos e as que intervêm numa troca interindividual (ou 'cooperação') se fundamentam na minha perspectiva atual sobre as leis da coordenação-geral das ações (Piaget, 1973, p. 7).

Tais reflexões deste epistemólogo são desenvolvidas nos seus *Études Sociologiques*, de 1965.

Também, enfocando a contribuição coletiva da produção de conhecimento, mas na perspectiva de sua dimensão histórica em interação com a constituição do aparato cognitivo do sujeito, Piaget refere-se, em *Psicogênese e História da Ciência*, obra escrita em conjunto com o físico Rolando Garcia e publicada em 1982, à *sociogênese*

do conhecimento. Argumentam que o sujeito enfrenta a experiência

com um instrumental cognitivo que lhe permite assimilar e, por conseguinte, interpretar dados que recebe dos objetos, mas também a assimilar informações que são transmitidas pela sociedade na qual está imerso, informações estas sobre objetos e situações já interpretadas por esta sociedade (Piaget, 1984, p. 232).

São estas considerações que podem permitir, num primeiro momento, o uso articulado das premissas vygotskianas e piagetianas para a compreensão da dimensão construtivista-interacionista na apreensão cognitiva dos paradigmas.

Neste primeiro momento não será necessário levar em conta a adjetivação do papel do meio. É irrelevante, na minha argumentação, a premissa de que o meio seja *ativador* das estruturas mentais, como pressupõe Piaget, ou *formador* das funções psicológicas superiores, como pressupõe Vygotsky, para a proposição dos seus respectivos modelos. O uso articulado dos dois modelos para a compreensão do papel do meio sócio-cultural em que é formado um membro de uma comunidade que compartilha paradigmas, para aparelhá-lo com um sistema cognitivo que o torna capaz de se apropriar e compartilhar os paradigmas, não necessita a priori ter nem um nem outro pressuposto.

É o processo de transição da ação externa para a ação interna sobre as imagens dos objetos e dos conceitos sobre eles, efetuado pelo sistema cognitivo do sujeito cognoscente, que permite avançar no encaminhamento do problema. É o que Vygotsky denomina de *internalização* que *transforma o processo em si e muda sua estrutura e função*, ao considerar processos sócio-culturais (externos) e processos psicológicos (internos), ou seja, a

articulação e a dependência entre as categorias vigotskianas denominadas de *interpsicológico* e *intrapicológico* que precisam ser investigadas para a compreensão do processo de apreensão do paradigma pelo sujeito. Para Kuhn, o estudante resolve problemas a partir da similaridade com problemas *exemplares* já solucionados por membros da comunidade que compartilham o paradigma mas, ressalta que

depois de resolver um certo número de problemas (número que pode variar grandemente de indivíduo para indivíduo), o estudante passa a conceber as situações que o confrontam como um cientista, encarando-as a partir do mesmo contexto que os outros membros de seu grupo de especialistas. Já não são as mesmas situações que encontrou no início de seu treinamento como cientista. Nesse meio tempo, assimilou uma maneira de ver testada pelo tempo e aceita pelo grupo (Kuhn, 1975, p. 235).

A característica fundamental dos paradigmas, no modelo de Kuhn, é a de estruturar processo e produto do conhecimento científico de forma indissociável. Mas o paradigma é também um "produto" historicamente construído que se torna "processo" de formação na interação sócio-cultural dos membros que o compartilham.

Ao considerarmos o conceito de *zona de desenvolvimento proximal*, proposto por Vygotsky, e a sua relação com a formação de um membro de uma comunidade científica, parece claro que são os paradigmas os responsáveis pela mediação na passagem do interpsicológico para o intrapsicológico. É o paradigma compartilhado, segundo o modelo de Kuhn, que permite *localizar* e *formular* os problemas próprios que *foram*, *são* e *serão*

investigados pelo grupo específico de cientistas, que estes e o membro em formação enfrentam na sua atividade, ao mesmo tempo que o paradigma fornece o padrão para as suas soluções. Nesta interação de um particular membro com o grupo e a sua produção reside a "apropriação" interpsicológica do paradigma. A zona de desenvolvimento proximal caracterizaria, então, a diferença (temporal) do desenvolvimento mental a ser conseguido pelo particular membro em formação se tivesse que: primeiro, localizar e formular de forma independente os problemas já enfrentados pela comunidade e segundo, solucioná-los, igualmente de forma independente, ao invés de compartilhar tanto as formulações quanto as soluções já encontradas, via paradigma, na sua interação sócio-cultural com o grupo de cientistas. No entanto, este mesmo membro também localizará e formulará problemas de modo independente, ainda que estabelecendo comunicação com o grupo. Tal situação se constitui na particular produção científica deste membro, isto é, problemas originais, representando os "quebra-cabeças" do modelo de Kuhn, nos períodos de "ciência normal".

Nestas situações:

- a - O que ocorre no nível intrapsicológico? O que diz o modelo de Vygotsky?
- b - Como é caracterizada a atividade mental (endógena) do sujeito durante a "apropriação" interpsicológica? E durante a sua produção original (formulação e solução de problemas novos)?

Questões semelhantes, de cunho teórico-metodológico, têm sido apontadas (Leite,

1991; Góes, 1991) para investigação tendo como referência a proposição de Vygotsky. É possível argumentar que, por enquanto, não há suficiente discernimento, quer teórico quer empírico, neste modelo, dos

aspectos fenotípicos e genotípicos da ação, de modo que se trace o deslocamento para formas superiores de mediação e evidenciar a complexificação do funcionamento interno (Góes, 1991, p. 22).

Interacionismo-construtivismo nos Paradigmas

Parece possível, do ponto de vista teórico, assumir a hipótese de que o paradigma sócio-historicamente construído, e que está sendo sócio-culturalmente apropriado pelo sujeito, dá uma significação determinada ao objeto que o sujeito constrói. Esta significação dada ao objeto do conhecimento (e a conseqüente formulação do problema a ser enfrentado), está intrinsecamente relacionada (Piaget e Inhelder, 1979) a uma ação do sujeito (já não mais espontânea, pois é uma ação específica, determinada pela significação) sobre o objeto para a assimilação e construção de conhecimentos. Em outros termos, o caráter filogenético da interação, ao constituir uma significação aos objetos, determinaria ações próprias do sujeito que ontogeneticamente lhe permite a assimilação e a acomodação, no processo de construção quer do aparato cognitivo, quer do conhecimento. Esta hipótese além de estar de acordo com a premissa sócio-interacionista para a formação social da mente, que admite uma autonomia do sujeito durante o processo de internalização, uma vez que "o plano interno não consiste de reprodução das ações no plano externo" (Goes, 1991), é consistente com a premissa do modelo piagetiano segundo a qual "nem

o sujeito, nem o objeto, nem tampouco a interação estabelecida são neutros" (p. 19).

É consistente também com a argumentação de Kuhn quanto a não existência de uma linguagem observacional neutra.

Com esta hipótese fica possível caracterizar a atividade mental (endógena) do sujeito com o emprego do modelo da equilíbrio das estruturas cognitivas proposto por Piaget (1976). O uso deste modelo associado à hipótese que não é qualquer ação do sujeito, mas ações específicas, determinadas pela significação dada ao objeto, é compatível com a premissa vygotkiana de que o alcance de formas superiores (das funções psicológicas) ocorre de modo descontínuo, através de recursos mediacionais internalizados. É também da descontinuidade que o modelo piagetiano se ocupa, particularmente quando trata do aspecto funcional da passagem para uma estrutura (mental) majorante, realizada pelas abstrações reflexivas do sujeito através daquelas ações.

A partir desta hipótese foi feita uma investigação (Delizoicov, 1991) e alguns dos seus resultados são a seguir relatados em suas linhas gerais. Articulou-se os modelos de Kuhn e Piaget, a partir de uma perspectiva interacionista. Do ponto de vista metodológico foram estudados aspectos da mudança paradigmática ocorrida com a instituição da Ciência Moderna, localizando-se as condições sociais de produção dessa mudança. São destacados alguns fatos históricos usando como referências a interpretação tanto externalista de Bernal (1976), quanto internalista de Koyré (1982, 1986, s.d.) e Kuhn (1975, 1987) da história da Ciência. A meta pretendida foi a identificação das possíveis

ações específicas, envolvidas nos procedimentos (Piaget e Inhelder, 1979) adotados por investigadores, particularmente Galileu, que deram a sua contribuição para o empreendimento da Ciência Moderna e a sua relação com o movimento coletivo de idéias originado pelo enfrentamento de problemas próprios do Renascimento e do período de transição do sistema feudal para o sistema capitalista. Deve ficar claro que não há a intenção de se realizar uma análise histórica, mas sim explorar pontualmente fatos históricos interpretados segundo as referências citadas com a finalidade de argumentar sobre a relação das possíveis ações com o contexto dos valores e das partes metafísicas do paradigma, outros dois elementos da matriz disciplinar. (Kuhn, 1975, posfácio).

Em relação às mudanças sociais o Renascimento marca o início da valorização do trabalho manual, de forma não verificada em períodos anteriores, representada, sobretudo, pelo trabalho dos artesãos e artistas. Há uma ascensão social dos artesãos e artistas que permite, além daquela valorização, atar laços entre as tradições dos profissionais - já não mais nas mãos de escravos ou servos - e dos estudiosos - caracterizadas por um trabalho de cunho intelectual - e dicotomizadas desde o início das mais antigas civilizações, ocorrendo, portanto, o início da união entre a *techné* e a *episteme* (Bernal, 1976).

O consumo da produção de arte no Renascimento passa a ser disseminado por um público maior que o dos senhores feudais e o das instituições religiosas, ou seja, pela burguesia nascente, que além de constituir as obras em mercadorias (Le Goff, 1982) passa a exigir um maior realismo dos retratos. Le Goff argumenta que como os mercadores não possuíam símbolos característicos da nobreza e do clero - armas,

emblemas, mitras, cruzes - para representar a sua posição social, prestam mais atenção à reprodução exata das suas feições. Com o estabelecimento na maioria das cidades italianas dos ateliers, os artistas passam a propor novos problemas e soluções intelectualmente diferentes, enfrentadas pelo coletivo dos artistas e que, por sua vez, disseminavam novos procedimentos e novos conhecimentos.

Um dos principais problemas colocados pelos pintores dizia respeito à representação em duas dimensões de figuras tridimensionais. Nota-se o uso da perspectiva somente após o surgimento do Renascimento. No período anterior os artistas não distribuíam os diferentes planos representados, tornando impossível a percepção da profundidade, ou seja, a representação plana do espaço tridimensional.

Obviamente se os problemas, suas formulações e suas soluções têm essa característica sócio-histórica e as suas disseminações culturalmente determinadas, foram enfrentados também por determinados artistas na sua interação sócio-cultural e na sua interação com os objetos do conhecimento construídos a partir dos problemas específicos encontrados, através de intervenções intencionais - a definição de ações em Piaget e Inhelder (1979) - que exigiam por sua vez procedimentos específicos para a sua realização.

Assim, por exemplo, Alberti (1404-1472) que publicou em 1434 seu *Trattato della Pittura*, onde expressa como "principal finalidade da pintura" o problema da representação plana de objetos com três dimensões, dedicou-se à arte e a aprender com trabalhadores manuais, convivendo e fazendo perguntas a, por exemplo, ferreiros, construtores civis e navais. Ao produzir seus quadros considerava primeiro os ossos,

depois os músculos que os uniam e só depois os panejamentos que cobriam as figuras, exortando os pintores a que assim procedessem (Bernal, 1976). Tais procedimentos e ações testemunharam o triunfo do movimento realista na arte do Renascimento e exigiam a observação meticulosa da natureza silvestre, introduzindo outros conhecimentos que não se fundavam apenas nos livros e na lógica (Bernal, 1976, p. 388). Para a representação em perspectiva,

o conceito métrico básico de espaço tridimensional tornou-se quase um lugar-comum intuitivo, devido à realização deste programa por artistas como Masaccio, Piero della Francesca e Mantegna (que) ... exigia de todos os pintores um conhecimento profundo da geometria e usava auxiliares ópticos como a câmara escura, para pintar paisagens, e a rede de coordenadas para estabelecer o campo visual (Bernal, 1976, p. 387).

Esses procedimentos que exigiam ações específicas, não apenas mecânicas e manuais, mas também e particularmente *as abstrações reflexivas*, como se pode depreender da afirmação de Da Vinci de que "os princípios verdadeiros e científicos da pintura ... só pela mente são compreendidos" (Da Vinci, in Bernal, 1976, p. 388), oriundos do trabalho de mestres pintores que fizeram escola nos ateliers, portanto sócio-culturalmente disseminados ao formarem seus discípulos, transcende ao âmbito restrito das artes, preparando a mudança paradigmática que ocorrerá com a instituição da Ciência Moderna.

Novos valores e posturas filosóficas - elementos da *Matriz Disciplinar* de Kuhn (Posfácio, 1975) - que rompem com aqueles que até então balizavam a produção de conhecimentos, passam a ser coletivizados, via interação sócio-cultural.

Os médicos italianos e o grande número de estudantes estrangeiros que acorriam à Itália para estudar medicina não estavam isolados; misturavam-se livremente com artistas, matemáticos, astrônomos e engenheiros - de fato, muitos deles dedicavam-se simultaneamente a tais profissões (Bernal, 1976, p. 389).

Copérnico, por exemplo, que propõe um modelo para o movimento dos corpos celestes em que estes giram em torno do Sol, Terra inclusive e com movimento de rotação, rompendo com o paradigma geocêntrico ptolomáico então vigente, pode ser localizado como membro desse movimento coletivo de procedimentos e idéias. Quando da sua formação na Itália estudou medicina e exerceu-a como profissão, ao mesmo tempo que era funcionário público e economista. Formou-se em astronomia na universidade de Bolonha, em medicina na de Pádua e em leis em Ferrara (Bernal, 1976).

De modo semelhante o trabalho dos artesãos pode ser analisado na perspectiva sócio-interacionista e sua relação com os problemas e procedimentos específicos oriundos do período de transição do sistema feudal para o sistema capitalista.

A observação e, sobretudo, a experimentação que passaram a representar um papel na produção artística renascentista, são também significativas na produção dos ateliers artesanais renascentistas. O conhecimento oriundo da produção artesanal dissemina-se via corporações. Ainda que mantivessem seus interesses corporativistas, tanto econômicos como técnicos, havia a necessidade da sua constituição e continuidade, dada a procura pelo mercado consumidor de seus produtos e, portanto, também a necessidade da formação e qualificação de seus membros.

A mudança nos meios e relações de produção, que passa a ocorrer no início da transição da economia feudal à capitalista, leva em seu bojo a necessidade de se socializar um *saber-fazer* (Piaget, 1979).

Os aprendizes eram jovens que viviam e trabalhavam com o artesão principal, e aprendiam o ofício. A extensão do aprendizado variava de acordo com o ramo. Podia durar um ano, ou prolongar-se por 12 anos ... O aprendiz era iniciado nos segredos da arte ... trabalhando duramente e poupando cuidadosamente seus salários, freqüentemente conseguia, depois de alguns anos, abrir oficina própria (Huberman, 1971, p. 63).

A socialização do saber-fazer artesanal, via interação sócio-cultural na formação de aprendizes por mestres, envolve para a apropriação deste saber-fazer, procedimentos e ações específicos - os "segredos da arte" - por parte dos sujeitos envolvidos no processo. Os maiores progressos da técnica renascentista verificaram-se no enfrentamento de problemas relativos aos domínios da mineração, metalurgia e química, estreitamente relacionados entre si. As iniciativas de soluções desses problemas, resultando em procedimentos e ações específicos, são disseminadas pela Europa com a decadência das minas alemãs que, devido às guerras religiosas, ocasionam a dispersão dos mineiros e metalúrgicos para a Espanha, e depois para o Novo Mundo e, com consequências mais importantes, para a Inglaterra (Bernal, 1976).

As grandes navegações, também, propiciam o surgimento de artifícios, com treino matemático, que propõem e disseminam novos procedimentos para a manufatura de bússolas, cartas e instrumentos.

A trilha deixada pelo Renascimento permitiu de um lado a revolução

copernicana e, de outro, preparou terreno para que as formulações dos problemas e suas soluções, propostas, entre outros, por Galileu e Kepler, colaborassem para a fundação da Ciência Moderna, constituindo-se, então, outro paradigma. Via ações dos sujeitos, valores e postura filosófica sócio-culturalmente compartilhados são rompidos e por sua vez os novos valores e posturas filosóficas passam também a ser compartilhados pela interação sócio-cultural estabelecida por novos procedimentos.

Para não reduzir a produção de conhecimento científico às meras ações mecânicas ou manuais sobre objetos exteriores e aos procedimentos, é necessário destacar o papel das ações dos sujeitos sobre os "objetos" criados, tais como "números", "classes", "funções" etc. Em outros termos, as ações sobre "objetos matematizáveis" não são dicotomizadas das ações exteriormente manipuláveis, mas transcendem estas. É necessária uma articulação do sujeito para extrair as razões, a partir do saber fazer (Piaget e Inhelder, 1979), através das abstrações empírica e reflexiva (Piaget, 1976). É o caso, por exemplo, do uso da perspectiva nas pinturas renascentistas, que tem como base teórica as abstrações contidas no corpo da geometria euclidiana, depreendendo-se daí a afirmação de Da Vinci que "os princípios verdadeiros e científicos da pintura só pela mente são compreendidos". Mas é com as contribuições de Galileu e Huygens, relativas ao enfrentamento dos movimentos de corpos na Terra, que mais nitidamente pode-se localizar os procedimentos e ações com "objetos matematizáveis". A partir dos procedimentos específicos que desenvolveram, por exemplo, para o estudo da oscilação do pêndulo, na perspectiva de solucionar o problema da medida do tempo e da construção teórica do instrumento de

medida do tempo, empreendem ações específicas (Delizoicov, 1991) capazes de efetuar abstrações reflexivas que culminam com o estabelecimento da relação matemática entre o período de oscilação e o comprimento do pêndulo, permitindo a determinação da aceleração da gravidade.

As contribuições de Galileu, Mersenne, Riccioli e Huygens, relativas ao problema da medida do tempo/pêndulo, analisadas (Delizoicov, 1991) com o uso articulado dos modelos de Kuhn e Piaget e tomando como referências históricas Bernal (1976) e Koyré (1982; s.d.) permitiu estabelecer uma relação entre as ações específicas inferidas a partir dos procedimentos adotados por aqueles quatro primeiros investigadores (que mantiveram uma interlocução, mesmo ao discordarem entre si) e as rupturas - nos valores e partes filosóficas, elementos da matriz disciplinar - ocorridas com a mudança de paradigma. No entanto, destaca-se a historicidade das ações exercidas - elas tiveram determinantes que não se reduzem à individualidade do sujeito - quer porque as ações específicas exercidas fossem determinadas por problemas que a sociedade enfrentava ou pelos que a comunidade que constrói conhecimentos científicos se colocava, quer porque elas foram coletivizadas, via apreensão histórico-cultural do paradigma pela comunidade.

Em síntese, a argumentação é que não era (ou não somente) o simples *vai-e-vem* que Galileu e os demais investigadores viam no *balanço de corpos pendurados*. Ao olharem este fenômeno, viam regularidades com as quais se poderia *medir intervalos de tempo*. Ou seja, a concepção dos *organa chroni* - o nosso cronômetro - estava criada. Para além da *marcação do tempo*, como até então se fazia, poder-se-ia, com isto, realizar a *medição do tempo*. Não se encontra

registro histórico afirmando que, anteriormente a esse período considerado, com o balanço de corpos suspensos se pudesse estabelecer relações matemáticas que possibilitariam medir o tempo. Este *significado* para este fenômeno, isto é, o *pêndulo*, só passa a ocorrer com a construção de Galileu e dos outros três investigadores.

Em termos dos elementos da Matriz Disciplinar de Kuhn conclui-se (Delizoicov, 1991) que as características paradigmáticas em construção, durante a resolução do problema medida do tempo/cronômetro, podem ser consideradas como:

- *Exemplar*: o pêndulo - empregado pelos quatro investigadores (Galileu, Mersenne, Riccioli e Huygens);
- *Generalização simbólica*: a expressão matemática para o período de oscilação, inicialmente abstraída por Galileu que apenas estabelece a proporcionalidade entre o comprimento do pêndulo e o quadrado do período de oscilação e, posteriormente formulada por Huygens;
- *Valores*: a exatidão, isto é, a necessidade de matematização dos fenômenos e a precisão, ou seja, a concepção teórica de instrumento de medida e da medida das grandezas matematicamente relacionadas. Novos valores introduzidos e fortemente influenciados pelo paradigma filosófico ou, na expressão de Kuhn, partes metafísicas do paradigma.
- *Paradigma filosófico ou partes metafísicas*: A adoção do modelo copernicano, a *crença na matematização dos movimentos terrestres, tal como o vai-e-vem de corpos balançando, não admitida como possibilidade e não praticada antes da Ciência Moderna* (Koyré, s.d.; Caraça, 1975), a crença na aceleração constante de queda livre dos graves direcionaram,

particularmente Galileu e Huygens no enfrentamento do problema.

Conclusões possíveis

As ações de particulares sujeitos que deram contribuição para a construção de conhecimentos científicos, a partir de problemas sócio-historicamente determinados e atuando sobre objetos do conhecimento que passam a ter uma significação na interação sócio-cultural, precisam também ser consideradas na perspectiva ontogenética. Tais contribuições constituem conhecimentos inéditos construídos a partir de interações específicas do sujeito com o objeto cuja significação é historicamente determinada. É só ao serem explicitados que passam a ser incorporados ao patrimônio cultural e passíveis de serem apropriados via interação sócio-cultural. Nestes casos, portanto, a apropriação interpsicológica se aplicaria apenas aos valores e partes filosóficas do paradigma, ou o que Piaget e Inhelder (1984) denominam de quadro epistêmico, localizando-o ao nível da sociogênese do conhecimento; veiculados durante a interação, podendo enquadrar o objeto, isto é, dando-lhe uma significação. A função da zona de desenvolvimento proximal seria então a de capacitar o sujeito a compartilhar esta significação. Mas a generalização simbólica construída, por ser inédita, inexistente conceitual e formalmente antes da sua construção, não tem possibilidade de ser comunicada *a priori*. Por sua vez, *a posteriori*, sua comunicação para apropriação interpsicológica, demandará atividade mental interna, ou intrapsicológica no processo de internalização, o que sugere também a necessidade de ações específicas intimamente relacionadas à significação dada ao objeto.

Os particulares problemas enfrentados por artistas e artesãos renascentistas e as soluções encontradas e propostas por Alberti, Da Vinci, Mantegna, Piero della Francesca, entre outros; e os relativos ao tema movimento enfrentados por Galileu e Huygens, podem, ao nível da ontogênese, ser caracterizados como lacunas e/ou obstáculos ao conhecimento, e portanto, perturbações ocasionadas no sistema cognitivo do sujeito, impondo regulações - as ações específicas exercidas - como reações às perturbações, permitindo a equilíbrio do sistema e a passagem, com descontinuidade, para uma estrutura majorante, portanto, construída por este mecanismo. Simultaneamente há a assimilação pelas estruturas de novos objetos de conhecimento e a acomodação das estruturas a estes objetos.

Ainda que em caráter preliminar, estas conclusões apontam para questões relativas ao ensino e à pesquisa em ensino de ciências - física particularmente - além das de ordem epistemológica e psicológica. Não pretendo, neste artigo, explorar as decorrências didático-pedagógicas destas conclusões possíveis. No momento destaco as seguintes questões, entre outras possíveis:

As explicações dadas aos fenômenos na interação sócio-cultural dos alunos com a comunidade não pertencente à de físicos constituem significações dadas a objetos de conhecimentos, a partir das quais os alunos constroem conhecimentos enquadrados como concepções alternativas à conceituação estabelecida pela Física? Isto talvez explicaria a relativa constância que as pesquisas da área encontram para os conceitos investigados.

Essas significações são as mesmas que a comunidade de físicos atribui? O que equivale a perguntar: os objetos a partir dos

quais se constroem conhecimentos relativos ao fenômeno considerado são os mesmos?

É possível, caso necessário, mudar a significação dada aos objetos? Em que medida a explicitação do processo histórico que permitiu a significação determinada pode auxiliar na mudança? Qual a relação da mudança no significado com a mudança conceitual?

Provavelmente uma atividade docente que estivesse voltada para o significado que os paradigmas comportam, isto é, trabalhar com os valores e as partes filosóficas, que têm uma historicidade, teria alta probabilidade de propiciar a mudança na significação, via relação interpsicológica, que por sua vez demandaria ações específicas dos alunos no sentido de se apropriar/construir as generalizações simbólicas, bem como os conceitos que relacionam, ao serem empregadas na solução de problemas exemplares, cuja localização e formulação também comportam uma história, ao serem empregados para uma interpretação dos fenômenos.

Referências Bibliográficas

- Bernal, J. (1976). *Ciência na História*. Lisboa: Livros Horizonte, vol. 2.
- Caraça, B. J. (1975). *Conceitos Fundamentais da Matemática*. Lisboa: Gráfica Brás Monteiro.
- Delizoicov, D. (1991). *Conhecimento, Tensões e Transições*. S. Paulo, FEUSP, (Tese de Doutorado).
- Góes, M. S. (1991). *A Natureza Social do Desenvolvimento Psicológico*. *Cadernos Cedes*, 24, 17-24.
- Houdé, O. e Winnykammen, F. (1992). "Les apprentissages cognitifs individuels et interindividuels". *Revue Française de Pédagogie*, 98, 83-103.
- Huberman, L. (1971). *História da Riqueza do Homem*. Rio de Janeiro: Zahar Editores.
- Koyré, A. (s.d.). *Galileu e Platão*. Lisboa: Gradiva.
- Koyré, A. (1982). *Estudos da História do Pensamento Científico*. Brasília: Editora da Universidade de Brasília.
- Koyré, A. (1986). *Do Mundo Fechado ao Universo Infinito*. Rio de Janeiro: Editora Forense.
- Kuhn, T. (1975). *A Estrutura das Revoluções Científicas*. S. Paulo: Editora Perspectiva.
- Kuhn, T. (1979). "Lógica da Descoberta ou Psicologia da Pesquisa?". In Imre Lakatos (org.), *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. S. Paulo: Cultrix/Edusp.
- Kuhn, T. (1987). *La Tension Esencial*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Le Goff, J. (1982). *Mercadores e Banqueiros da Idade Média*. Lisboa: Editora Gradiva.
- Leite, L. B. (1991). *As dimensões Interacionista e Construtivista em Vygotsky e Piaget*. *Cadernos Cedes*, 24, 25-31.
- Luria, A. R. (1988). *Vygotsky*. In *Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem*. S. Paulo: Ícone Editora.
- Oliveira, M. K. (1991). Mesa Redonda: Três Perguntas a Vygotskianos, Wallonianos e Piagetianos. *Cadernos de Pesquisa*, 76, 57-64.
- Piaget, J. (1973). *Estudos Sociológicos*. Rio de Janeiro: Editora Forense.
- Piaget, J. (1976). *A Equilíbrio das Estruturas Cognitivas*. Rio de Janeiro: Zahar Editores.
- Piaget, J. et Inhelder, B. (1979). *Stratégies VIII - Procédures et Structures*. *Archives de Psychologie*, 47, 161-176.
- Piaget, J. et Garcia, R. (1984). *Psicogênese y História de la Ciencia*. México: Siglo XXI Editores.
- Vygotsky, L. (1984). *A Formação Social da Mente*. S. Paulo: Martins Fonte Editora.
- Vygotsky, L. (1987). *Pensamento e Linguagem*. S. Paulo: Martins Fonte Editora.