

# CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS, MUDANÇA CONCEITUAL E ENSINO DE CIÊNCIAS: *uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas três décadas*<sup>1</sup>

## Spontaneous Concepts, Concept Changes and Science Education: a review of constructivist research in the past three decades

Roberto Nardi<sup>2</sup>; Sandra Regina Teodoro Gatti<sup>3</sup>

### RESUMO

A abordagem construtivista no ensino de Ciências tornou-se influente a partir da década de 70, com a grande ênfase dada as investigações sobre as concepções espontâneas de estudantes sobre diversos conteúdos de Ciências. As tentativas de levar os resultados das investigações para a sala de aula originaram as discussões sobre mudança conceitual, seguidas de inúmeros estudos que até hoje têm procurado interferir no ensino de sala de aula. Neste artigo procuramos mostrar alguns trabalhos sobre concepções espontâneas em Física realizados no Brasil naquele período e fazemos uma revisão das principais publicações que se seguiram após os trabalhos pioneiros de Posner e colaboradores.

**Palavras-Chave:** Construtivismo; Concepções espontâneas, Mudança conceitual, Ensino de Ciências

### ABSTRACT

The constructivist approach in Science Education became a strong influence in the middle of the 70s, with a great emphasis on investigating students' conceptions of a variety of science contents. The attempts to take these results into the science classes originated the research on conceptual change followed by many studies that are still today trying to interfere in classroom teaching. In this article we present some research about spontaneous reasoning in Physics carried out in Brazil in that period and a review of the main research which followed the pioneer paper on conceptual change published by Posner and his collaborators.

**Key-Words:** Constructivism, Spontaneous reasoning, Conceptual change, Science Teaching

### INTRODUÇÃO

A partir da década de 70, pôde-se observar entre os investigadores em Ensino de Ciências um grande empenho em estudar mais profundamente as noções prévias ao ensino formal que os estudantes trazem para a sala de aula.

Os trabalhos de Doran (1972), Viennot (1979), Driver (1985) e Watts e Zylbertajn (1981) foram algumas das investigações pioneiras nessa linha e denominaram tais noções de “conceitos espontâneos”, “conceitos intuitivos”, “formas espontâneas de raciocínio”, “estruturas alternativas” e outras denominações semelhantes.

Essas investigações, versando sobre as idéias dos estudantes em relação aos diversos conceitos científicos, revelaram que tais noções podem diferir substancialmente da ciência que se pretende ensinar, influenciam a aprendizagem futura e podem ser resistentes a mudanças (Driver, 1989).

Esses trabalhos contribuíram para o fortalecimento de um então chamado “paradigma construtivista” na investigação sobre o ensino e a aprendizagem e propiciaram a contestação dos chamados modelos de aprendizagem por aquisição conceitual, centrados na transmissão de conhecimentos por parte do professor e não no respeito aos conhecimentos prévios dos estudantes.

Destacamos aqui algumas investigações nesta linha realizadas nesse período no Brasil, particularmente na área de ensino de Física, e ainda algumas das idéias que surgiram como consequência das investigações iniciais de Posner e seus colaboradores que, pela primeira vez, trazem à comunidade de investigadores em Educação em Ciências um modelo de ensino por “mudança conceitual”. Observamos que a complexidade das discussões que se seguiram aparecem no esforço de levar em consideração

<sup>1</sup> Artigo elaborado a partir do capítulo de mesmo nome publicado no livro intitulado “De la Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza” publicado pela Universidade Pedagógica Nacional da Colômbia, 2004.

<sup>2</sup> Professor Assistente Doutor do Departamento de Educação e do Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Bauru, São Paulo, Brasil (nardi@fc.unesp.br).

<sup>3</sup> Mestre em Educação para a Ciência pela Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista – Campus de Bauru. Doutoranda em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Brasil (steodoro@hotmail.com).

outros fatores presentes nas relações de ensino e aprendizagem não considerados no modelo inicial de Posner. Entendemos, por fim, a necessidade de encorajar a continuidade da investigação nessa área, procurando envolver nessa tarefa futuros docentes, ainda em seu processo de formação profissional, e os docentes em exercício com a finalidade de trazer para a academia as reflexões ocorridas em sala de aula para a verificação dos modelos que vêm sendo propostos.

### ALGUNS ESTUDOS SOBRE CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS E PSICOGÊNESE DE CONCEITOS REALIZADOS NO BRASIL

Muitos dos estudos sobre concepções espontâneas e também sobre psicogênese de conceitos neste chamado “paradigma construtivista” foram realizados nas décadas anteriores no Brasil. A título de exemplificação, destacamos algumas dessas investigações, envolvendo conceitos de Ciências, particularmente da Física.

Laburú (1987) estudou como os alunos descrevem e compreendem o conceito de aceleração, a fim de reelaborar suas concepções prévias. A coleta de dados foi baseada em trabalhos de Piaget e Thowbridge-McDermott onde foram entrevistados 34 alunos numa faixa etária compreendida entre 11 e 16 anos de idade, distribuídos entre a 6ª e a 8ª séries do Ensino Fundamental e a 2ª série do Ensino Médio<sup>4</sup>. As entrevistas foram desencadeadas a partir de três tarefas-experimento onde foram mostrados movimentos acelerados. Na primeira tarefa o entrevistador utilizou “... uma pequena madeira sobre a qual se prendiam dois grampos, através dos quais se passava uma fita branca a ser puxada pelo entrevistador. Esta fita partia do repouso e daí por diante sua velocidade era aumentada continuamente. Entre os grampos, e mantendo sempre o mesmo lugar, o entrevistado batia de forma cadenciada uma caneta de tipo pincel atômico, de maneira a imprimir pontos sobre a fita, tentando manter o ritmo constante.” (Laburú, 1993, p. 62)

No final do experimento a fita assemelhava-se à figura 1.



FIGURA 1. Tarefa-experimento utilizada na primeira situação desencadeadora das entrevistas (Fonte: Laburú, 1993, p.62)

A segunda tarefa consistia em um experimento “no qual se fazia uso de um caderno especial, em cujas espirais o entrevistador passava uma régua fazendo estalos. A régua era passada pelo entrevistador de forma a produzir ora movimentos uniformes, ora acelerados. Esta tarefa procurava explorar o aumento ou a diminuição do intervalo de tempo em iguais intervalos de espaço.”

Na terceira tarefa foram apresentados (vide Figura 2) “... dois carrinhos em duas pistas distintas e paralelas. (...) Esta tarefa objetivava a confrontação das acelerações dos dois carrinhos. Ela poderia ser resolvida comparando-se as velocidades finais nulas e dos seus respectivos tempos, ou as velocidades no instante de ultrapassagem, considerando-se os respectivos tempos iguais.” (LABURÚ, 1993, p. 63).

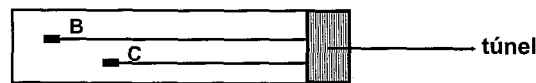


FIGURA 2. Tarefa-experimento utilizada na terceira situação desencadeadora das entrevistas (Fonte: Laburú, 1993, p.64)

Os resultados obtidos neste estudo identificaram três padrões diferentes de concepções: nas diferentes faixas etárias, estavam presentes: a aceleração como aumento de velocidade; no Ensino Fundamental, principalmente, a aceleração é entendida como variação de velocidade; apenas no Ensino Médio a aceleração foi entendida como razão. O estudo mostra que predominou a identificação da aceleração com a própria velocidade na 6ª série, mas esta também foi encontrada nos três níveis de escolaridade investigados.

O autor percebe também que a passagem dos alunos pelo ensino formal do conceito de aceleração não influenciou na diminuição das idéias intuitivas de aceleração como critério de velocidade e recomenda que o emprego de um vocabulário do *senso comum* deve ser discutido, pois este contribui para uma interpretação incorreta do conceito de aceleração. Observa também que as concepções de alguns alunos se aproximam do que pensava Galileu, ou seja, “uma concepção de aceleração como incremento de velocidade por unidade de espaço.” (Laburú, 1993, p.71).

Outro estudo na área da Física, realizado por Goulart e colaboradores (1989), trata dos conceitos espontâneos de fenômenos relativos à luz numa amostra de estudantes de Ensino Fundamental e Médio em escolas públicas, na sua maioria entre seis e dez anos. As entrevistas foram realizadas individualmente e os protocolos foram baseados em questões-chave e atividades elaboradas depois de um contato prévio, em que se levantou a linguagem utilizada pelas crianças, para explicar os fenômenos físicos do cotidiano relativos à luz.

Os aspectos investigados referiam-se à natureza da luz; suas propriedades; a relação dos três fatores intervenientes no processo de visão: fonte, receptor, objeto-reflexão difusa por objetos opacos; reflexão; transmissão e absorção da luz branca com o uso de filtros e as cores.

Dentre as atividades elaboradas foi utilizada uma situação-exemplo a fim de obter dados de “como a criança explica o processo de visão” (Figura 3).

<sup>4</sup> Ensino fundamental, no Brasil, corresponde aos primeiros anos de escolarização formal, posteriores à Educação Infantil. O Ensino Médio, corresponde a três anos de escolarização, é posterior ao Ensino Fundamental, equivalente à “High School” nos Estados Unidos. Segundo a legislação brasileira, toda a escolarização (Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio) corresponde à Educação Básica.

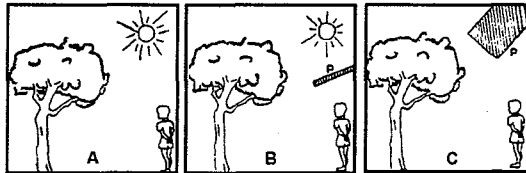


FIGURA 3. Sequência de situações utilizadas para investigar os modelos de visão da criança

Das conclusões constam recomendações dos autores sobre algumas implicações para o desenvolvimento curricular e para a capacitação de professores de Ciências: "deve-se oferecer mais tempo e esforço aos estudantes para 'investigações próprias'; reconhecer o nível de abstração que é necessário para um dado entendimento e que a criança pode atingir um dado ponto; organizar o currículo de tal maneira que as situações e conceitos mais simples sejam apresentados primeiro". (GOULART et al., 1989, p. 17)

Os autores citam ainda a importância de se levar estes resultados obtidos aos professores em exercício nas escolas de Ensino Fundamental e Médio, objetivando levá-los a investigar em sua prática de sala de aula, detectando estes conceitos entre seus estudantes, a fim de possivelmente substituí-los por conceitos próximos aos considerados científicos.

A psicogênese de conceitos também foi objeto de estudo no Brasil. Esses estudos procuraram mostrar como as idéias evoluem no decorrer do tempo na mente do aluno. Para tanto, essas investigações utilizaram amostras de sujeitos em diversas faixas etárias, visando verificar como ocorre a gênese e/ou a evolução do referido conceito. A investigação sobre o conceito de velocidade realizada por Silva (1988) e sobre o conceito de campo de força (NARDI, 1990) são exemplos desses estudos psicogenéticos<sup>3</sup>.

Silva utilizou-se do método de entrevistas clínicas para identificar como crianças e adolescentes (53 sujeitos), de diversas faixas etárias de uma escola estadual, constroem as noções de velocidade linear e angular. As entrevistas foram desencadeadas a partir de três questões básicas: na primeira delas, os alunos são questionados sobre dois carros que partem no mesmo instante do ponto 0 (Figura 4), realizam uma volta no mesmo tempo e chegam juntos novamente em 0. A questão é a seguinte: *Qual dos dois carros, A ou B, têm maior velocidade? Justifique sua resposta.*

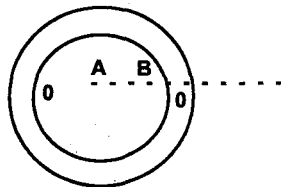


FIGURA 4. Situação desencadeadora da primeira questão básica da entrevista.

(Fonte: Silva, 1990)

Na segunda questão é apresentado um cone (fig. 5), que está girando. Dois pontos são marcados sobre sua superfície. A questão desencadeadora é a seguinte: *Qual desses pontos, A ou B, têm maior velocidade? Justifique.*

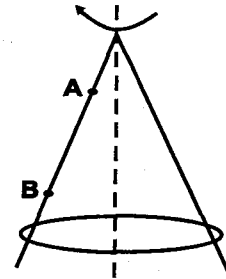


FIGURA 5. Situação desencadeadora da segunda questão básica da entrevista.

(Fonte: Silva, 1990)

Na última das três questões, é mostrado ao aluno um dispositivo onde aparecem duas polias interligadas (Fig. 6) e a questão é: *Se o sistema de polias ( $P_1$  e  $P_2$ ) estiver girando, qual das duas polias têm maior velocidade? Justifique.* Sobre o mesmo sistema é perguntado também: *Se marcarmos dois pontos quaisquer sobre a correia que liga as duas polias, qual desses dois pontos tem maior velocidade?*

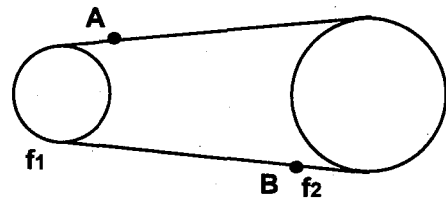


FIGURA 6. Situação desencadeadora da terceira questão básica da entrevista.

(Fonte: Silva, 1990)

A investigação apontou que os estudantes passam por três estágios diferentes com relação à noção de velocidade linear e angular. O autor mostra, assim, suas conclusões: "Os sujeitos de um primeiro estágio não possuem as noções relativas aos conceitos de velocidade. No seu processo de construção do conhecimento físico, passam a se apoderar da razão espaço-tempo na descrição da natureza e na medida em que evoluem, através de abstrações reflexivas, vão generalizando essa idéia para as situações mais e mais complexas. A partir daí, passam a construir uma contradição entre velocidade angular e a idéia de velocidade linear, que se centra na observância dos pontos, e começam, também, a observar o conjunto todo em movimento, ao redor de um eixo de rotação. Essa contradição faz-se equilibrada no momento em que a idéia de velocidade deixa de ser única, aparecendo, assim, a velocidade angular." (SILVA, 1990, p. 12).

<sup>3</sup> Esses estudos foram realizados na década de 80 por componentes do Grupo de Estudos Psicogenéticos de Conceitos Científicos da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, sob coordenação da Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho.

No outro estudo psicogenético, Nardi (1990) procura investigar as noções que os alunos apresentam sobre o conceito de campo de força e sua relação com o desenvolvimento cognitivo. Para tanto, são entrevistados 45 sujeitos escolhidos aleatoriamente entre alunos de Ensino Fundamental e Médio; a partir de algumas situações desencadeadoras, utilizando ímãs, objetos metálicos, limalha de ferro e uma foto onde aparecia um astronauta no espaço, fora de uma nave, conforme figura 7, abaixo.



FIGURA 7. Reprodução do dispositivo utilizado na situação desencadeadora sobre o espaço, forma e campo gravitacional da Terra.  
(Fonte: Nardi, 1991, p. 72)

A partir da análise das entrevistas efetuadas, o autor classifica os sujeitos em três níveis, desde as explicações menos elaboradas (nível 1) até as explicações consideradas mais elaboradas (nível 3). Observa que indivíduos com 13 anos de idade já começam a ter noções relativamente elaboradas sobre o conceito de campo de força e, em alguns casos específicos, as idades não correspondem ao nível que a maioria pertence. O autor conclui ainda que o conceito de campo de força "pode ser introduzido na 8ª série do Ensino Fundamental, pois, nesta faixa etária, os alunos já começam a perceber propriedades de um campo físico e generalizar as diversas situações diferentes através de uma mesma explicação causal: o modelo de campo." (NARDI, 1991, p.129). A investigação mostra ainda uma analogia entre os modelos apresentados pelos estudantes e a evolução histórica das idéias que culminaram com o conceito de campo de força, as concepções dos estudantes sobre a forma, espaço e campo gravitacional do planeta Terra e ainda a evolução do que chamou de "léxico científico" dos sujeitos da amostra, ou seja, o vocabulário utilizado pelos estudantes de acordo com a faixa etária (NARDI, 1994).

Especificamente com relação às concepções sobre o campo gravitacional terrestre, foi possível identificar as idéias dos sujeitos sobre a forma do planeta Terra e classificá-las em noções que variam de uma visão mais egocêntrica até uma visão mais conceitual, segundo terminologia empregada por Nussbaum (1979). A seqüência de desenhos da Fig. 8, a seguir, resume essa "evolução".

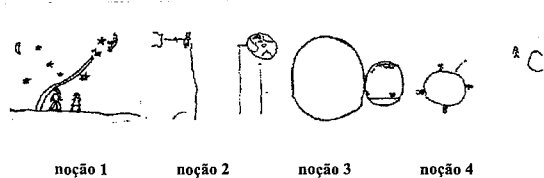


FIGURA 8. Seqüência que mostra os desenhos (cópias reduzidas) dos quatro modelos principais representativos das noções apresentadas pelos sujeitos da amostra, classificando-as da menos (noção 1) para a mais elaborada conceitualmente (noção 4)

(Fonte: Nardi, 1991, p.122)

De maneira similar aos estudos acima, foram realizados inúmeros outros em todo o mundo.

Um dos levantamentos mais completos sobre as investigações realizadas nesta linha foi elaborado por Pfundt e Duit (1994), que conseguiu abranger a maioria dos trabalhos de investigação realizado nas últimas décadas em diversas áreas do conhecimento, conforme mostra o Quadro 1:

| ÁREA GERAL       | Nº DE ESTUDOS | TÓPICOS ESPECÍFICOS  |
|------------------|---------------|--|
| MECÂNICA         | 241           | força e movimento; trabalho, força, energia, velocidade, aceleração, gravidade, pressão, densidade, flutuação, afundamento.  |
| ELETRICIDADE     | 218           | circuitos simples e ramificados; estruturas topológicas e geométricas; modelos de fluxo de corrente; corrente, voltagem e resistência, eletromagnetismo; perigo da eletricidade. |
| PARTÍCULAS       | 119           | estruturas da matéria; explicações de fenômenos (por ex. calor, estados da matéria); concepções de átomo; radioatividade.  |
| ÓTICA            | 111           | luz, propagação da luz; visão; cor.  |
| ENERGIA          | 103           | transformação de energia; conservação; degradação.   |
| CALOR            | 100           | calor e temperatura; transferência de calor; dilatação; aquecimento; mudança de estado; ebulição; solidificação; explicação dos fenômenos do calor no modelo de partículas.      |
| ASTRONOMIA       | 59            | forma da Terra; concepções do universo; características da atração gravitacional; satélites.   |
| FÍSICA "MODERNA" | 35            | física quântica; relatividade especial.  |
| BIOLOGIA         | 336           | nutrição vegetal; fotossíntese; osmose; vida, origem da vida; evolução; sistema circulatório humano; genética; saúde; crescimento.   |
| QUÍMICA          | 225           | combustão, oxidação, reações químicas, transformações de substâncias, equilíbrio químico; símbolos, fórmulas, conceito de mol, eletroquímica.                                    |

|          |     |   |
|----------|-----|---|
| BIOLOGIA | 336 | nutrição vegetal; fotossíntese; osmose; vida; origem da vida; evolução; sistema circulatório humano; genética; saúde; crescimento.            |
| QUÍMICA  | 225 | combustão, oxidação, reações químicas, transformações de substâncias, equilíbrio químico; símbolos, fórmulas, conceito de mol, eletroquímica. |

QUADRO 1. Número de estudos sobre concepções de estudantes em diferentes áreas da Ciência (PFUNDT & DUIT, 1994, p. 26)

Esses estudos, levantados até 1994, eram em maior número na área de Física, conforme as porcentagens mostradas no gráfico da Figura 9, abaixo.

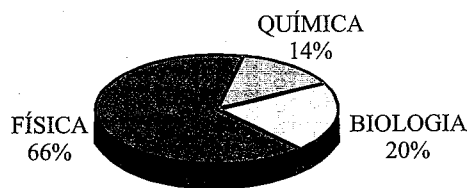


FIGURA 9. Porcentagens de estudos sobre concepções de estudantes em Biologia, Química e Física (Fonte: Pfundt e Duit, 1994, p. 27).

### O MODELO DE "MUDANÇA CONCEITUAL" E OS ESTUDOS DECORRENTES DESSA PROPOSTA

Os dados obtidos em estudos, como os acima descritos, levaram os investigadores a estudá-los, não só no intuito de aplicá-los a situações de ensino, mas também à procura de referenciais teóricos em que se respaldar. As investigações conduzidas por Nussbaum e Sharoni-Dagan (1983), Driver e Erickson (1983), Hewson e Hewson (1984) foram alguns dos trabalhos que objetivaram, assim, encontrar bases empíricas para as constatações decorrentes das estruturas conceituais dos alunos, detectadas a partir do grande volume de investigações produzidas, conforme mostra Pfundt e Duit no levantamento acima citado.

Assim, na expectativa de encontrar modelos que propiciassem condições necessárias para que o aluno pudesse rejeitar suas "concepções espontâneas" em favor das "concepções cientificamente aceitas" pelo ensino formal, os investigadores passam a desenvolver propostas dos chamados "modelos de mudança conceitual".

O primeiro modelo nesse sentido, que se constituiu um marco importante para a investigação em Educação em Ciências, foi o proposto Posner e colaboradores (1982) -

chamado de modelo PSHG em função dos nomes dos autores: Posner, Strike, Hewson e Gertzog. Estas investigações, embasadas em estudos de filósofos da ciência como Kuhn (1970), Lakatos (1970) e Toulmin (1972), assumiam a aprendizagem como uma *atividade racional, fundamentalmente voltada para a compreensão e aceitação de idéias que pareçam ser inteligíveis e racionais* (TEODORO, 2000). Procuravam responder como as concepções espontâneas iniciais dos estudantes seriam transformadas em concepções científicas, a partir da apresentação de novas idéias e evidências.

Esses autores partiram da idéia de que existem exemplos análogos de mudança conceitual na Ciência e no ensino de Ciências. Ao utilizar conceitos já conhecidos para analisar um novo fenômeno, os alunos estariam usando o que autores chamaram de *assimilação*. Na maioria das vezes, entretanto, as concepções dos estudantes mostraram-se inadequadas para permitir a compreensão de um novo fenômeno de maneira satisfatória; neste caso, o sujeito necessita substituir ou reorganizar seus conceitos centrais. Neste caso, os autores consideram a ocorrência de uma forma mais radical de mudança, chamada de *acomodação*, importante no trabalho dos autores.

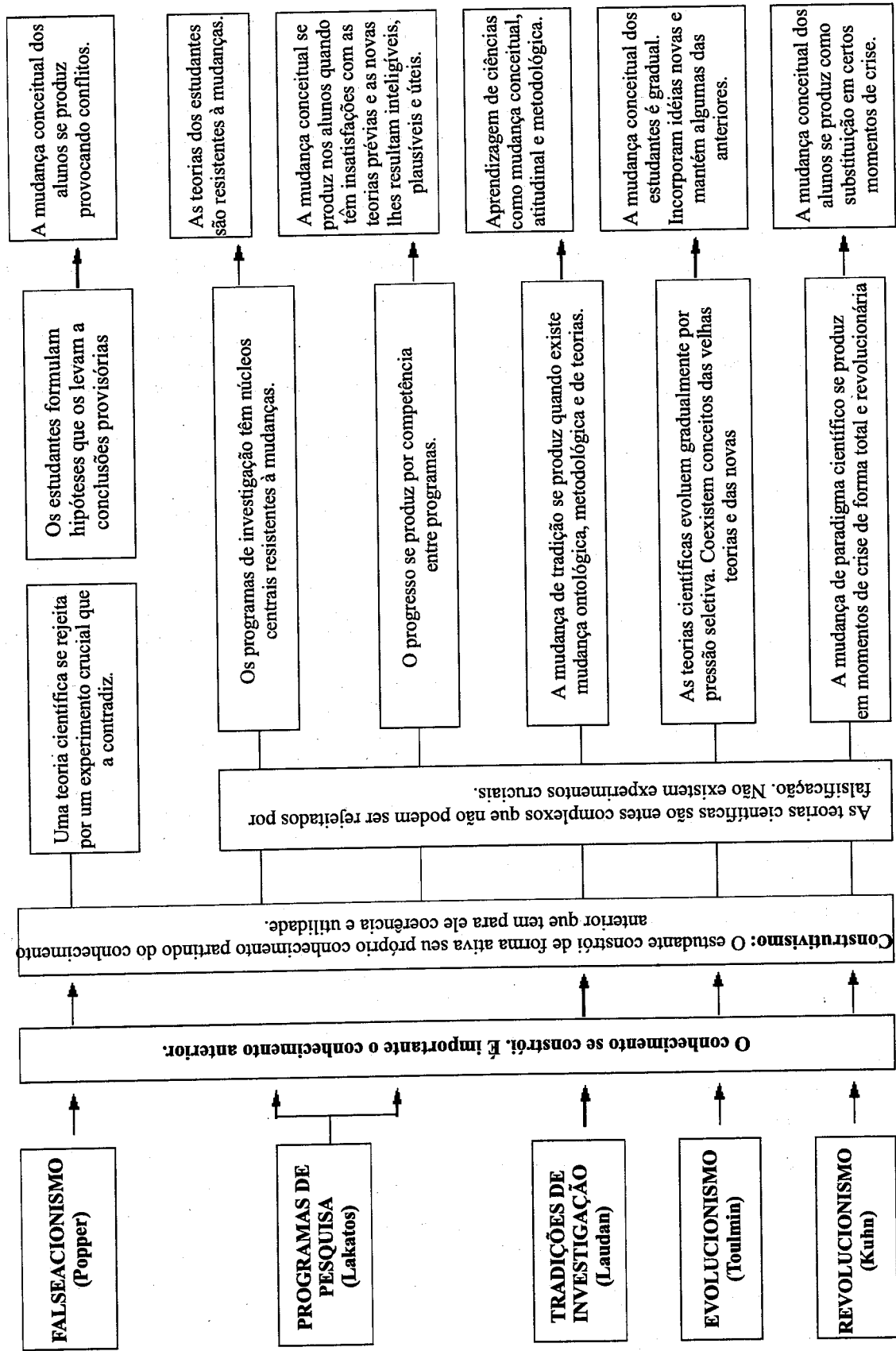
Segundo Teodoro (2000), os trabalhos de Posner e colaboradores expressam a teoria de acomodação em resposta a duas questões: Sob quais condições um conceito central acaba sendo substituído por outro? E ainda: Quais aspectos da *ecologia conceitual*<sup>6</sup> (ou seja, das concepções que os indivíduos possuem) governam a seleção de novos conceitos?

Nesse modelo proposto, para que ocorra a acomodação, quatro condições são necessárias: em primeiro lugar, *deve haver insatisfação com as concepções existentes*, já que é improvável que cientistas e estudantes realizem uma mudança profunda em suas concepções sem que tenham perdido a fé em sua capacidade de resolução de problemas. Depois, *essa nova concepção deve ser inteligível*, ou seja, deve ser compreensível em sua estrutura cognitiva. Num próximo passo, *a nova concepção deve parecer inicialmente plausível*. Qualquer nova concepção adotada deve ao menos parecer ter capacidade para resolver os problemas gerados por suas predecessoras, caso contrário não parecerá uma escolha plausível. E, finalmente, *a nova concepção deve sugerir a possibilidade de um frutífero programa de investigação*, ou seja, deve ser útil, resolver problemas e abrir novas perspectivas.

Mellado e Carracedo (1993; apud. CUNHA, 1999) mostram, conforme o Quadro 2, a influência de filósofos como Kuhn, Toulmin e Bachelard nas propostas construtivistas surgidas no período.

Santos (1991, p. 178) destaca os principais pontos de convergência desses modelos: necessidade de partir

<sup>6</sup> Segundo Teodoro (2000), os autores utilizam a metáfora da ecologia conceitual de Toulmin (1972) para explicar as concepções, crenças e valores dos estudantes. Nesta perspectiva, os conceitos estão estruturados em uma rede inter-relacionada de tal forma que a mudança em um conceito afeta os demais. Outro aspecto importante é que como os conceitos ocupam "nichos" conceituais distintos, existe a possibilidade de uma competição entre eles.



QUADRO 2. Analogias entre as Escolas Construtivistas e a Aprendizagem de Ciências. (Mellado & Carracedo, 1993; apud. CUNHA, 1999)

do que o aluno já sabe; compromisso com a ocorrência da “mudança conceitual” e a necessidade do aluno desempenhar um papel ativo em tal mudança, traçando os degraus do familiar para o novo.

As críticas ao modelo de Posner e colaboradores foram importantes para a evolução das discussões que se seguiram. A crítica de Hashweh (1986), por exemplo, considerou o modelo proposto por Posner et al (1982), coerente, mas assinalou que ele falhava em não enfatizar adequadamente as distinções entre os processos psicológicos que conduziam à estabilidade e aqueles que conduziam à mudança e as distinções entre estes *processos psicológicos* e as *condições externas* relacionadas a eles. Para este autor, o problema da explicação da mudança conceitual resumia-se na identificação dos fatores que afetam: a persistência das pré-concepções; a aquisição de novas concepções; e a reestruturação cognitiva.

Outros autores buscaram definir e explicar a mudança. O quadro 3 ilustra alguns modelos de aprendizagem conceitual, procurando relacionar os termos utilizados em cada um dos estudos.

Segundo a autora, não haveria meios para extinguir as noções cotidianas, assinalando que os estudantes deveriam ser capazes de pensar e operar em dois diferentes *domínios de conhecimento*<sup>7</sup> e distinguir entre eles.

Os trabalhos posteriores, de Hewson e Hewson (1992) levaram em consideração os graus de mudança conceitual conforme três variedades: no primeiro tipo, o entendimento prévio do sujeito é extinto e substituído por uma nova concepção; no segundo, a mudança envolve a aprendizagem de conceitos novos que deverão estabelecer conexões com o que o aluno já sabe, é a “captura conceitual”; na terceira variedade, uma concepção é escolhida. Os autores utilizaram para ilustrar essa situação, a analogia da eleição para um cargo político na qual, entre dois candidatos, um torna-se prefeito, mas ambos continuam a viver na cidade. Segundo esses autores, *muitas mudanças na visão dos estudantes assemelham-se ao último tipo, em que os indivíduos lembram continuamente da concepção mais fácil.*

| MODELOS DE APRENDIZAGEM CONCEITUAL |                       |                        | ESTUDOS                                    |
|------------------------------------|-----------------------|------------------------|--|
| AQUISIÇÃO CONCEITUAL               | MUDANÇA CONCEITUAL    |                        |  |
| Memorização por rotina             | Captura conceitual    | Troca conceitual       | Hewson (1991)                              |
| Crescimento                        | Afinação              | Resolução conceitual   | Rumelhard & Norman (1981)                  |
| _____                              | Mudança evolucionária | Mudança revolucionária | West (1982)                                |
| _____                              | Assimilação           | Acomodação             | PSHG (1982)<br>Strike & Posner (1982;1986) |
| Desenvolvimento conceitual         | Resolução conceitual  | Troca conceitual       | Pines & West (1986)                        |
| Acumulação                         | Adaptação             | Reestruturação         | Tiberghien (1988)                          |

QUADRO 3. Designações atribuídas aos modelos de aprendizagem conceitual: sua correspondência. (SANTOS, 1991, p.181)

Várias críticas foram feitas a esse modelo. Uma das perguntas mais freqüentes procurou esclarecer se o abandono das noções alternativas era realmente possível. As investigações posteriores passaram a apontar que *a aquisição de um conceito científico não é necessariamente acompanhada da eliminação de antigas concepções.*

Solomon (1983), por sua vez, argumentou que as noções cotidianas que os estudantes sustentam têm origem no convívio social.

No discurso diário e através dos meios de comunicação de massa, nossas crianças são confrontadas com suposições implícitas sobre como os objetos se movem, sua energia e suas propriedades, que podem estar em conflito direto com a explicação científica que aprendem na escola. Fora do laboratório escolar, esses adolescentes estão sendo continuamente socializados em um repertório completo de explicações não científicas. Um exame de reportagens de jornal e da linguagem cotidiana torna clara a disseminação deste processo subversivo. (SOLOMON, 1983: 49).

Por sua vez, Chi (1991) passa a discutir a possibilidade da coexistência de dois sentidos para o mesmo conceito, os quais devem ser utilizados em contextos apropriados.

Mortimer (1994) destaca que alguns autores têm tentado demonstrar a dificuldade por parte dos estudantes em abandonarem suas noções cotidianas.

O trabalho de Galili & Bar (1992), por exemplo, mostra que os mesmos estudantes que tiveram um bom desempenho em problemas familiares sobre força e movimento reverterem a um raciocínio pré-newtoniano de “movimento requer força” em questões não familiares. Os autores concluem que *‘essa regressão a visões ingênuas pelos mesmos sujeitos é uma evidência a mais de que o processo de substituição de crenças ingênuas por novos conhecimentos adquiridos nas aulas de Física é complicado e muitas vezes inconsistente.’* (GALILI & BAR, 1992, p. 78, apud. Mortimer, 1994, p.64).

<sup>7</sup>Nesta perspectiva, as noções alternativas e modelos científicos seriam coexistentes.

De maneira semelhante, Scott (1987), ao estudar o desenvolvimento de idéias sobre matéria entre alunos da escola secundária, conclui que 'mudança conceitual' não parece um título muito apropriado para o que se observa no processo. "No lugar de mudança conceitual parece haver um desenvolvimento paralelo de idéias sobre partículas e das idéias já existentes (...). O desenvolvimento paralelo de idéias resulta em explicações alternativas que podem ser empregadas no momento e situação apropriados. Não há mudança conceitual do tipo referido por Posner et. al. (1992) como uma acomodação. (SCOTT, 1987, p. 417; apud MORTIMER, 1994, p.64).

A partir da noção de perfil epistemológico de Bachelard, Mortimer sugeriu que a noção de "*perfil conceitual*" fornecia elementos para o entendimento da permanência das idéias prévias entre indivíduos que passaram pelo ensino formal, deslocando a expectativa em relação ao destino de tais noções, já que se admite que não serão abandonadas. Esta noção procurou descrever a diversidade de um conceito quando utilizado em circunstâncias particulares. O autor considerou que a noção de *perfil conceitual* poderia ser definida como:

[...] um sistema supra-individual de formas de pensamento que pode ser atribuído a qualquer indivíduo dentro de uma mesma cultura. Apesar de cada indivíduo possuir um perfil diferente, as categorias pelas quais ele é traçado são as mesmas para cada conceito. A noção de perfil conceitual é, portanto, dependente do contexto, uma vez que é fortemente influenciado pelas experiências distintas de cada indivíduo; e dependente do conteúdo, já que para cada conceito em particular tem-se um perfil diferente. (MORTIMER, 1994, p. 70).

Salientava ainda que não se deveria interpretar a ausência de mudanças radicais como um fracasso, pois as noções cotidianas sempre integrarão o perfil conceitual do indivíduo.

Cunha (1999) reforça esta idéia ao assinalar que

A mudança conceitual raramente envolve um abandono completo de uma noção a favor de uma outra. Do contrário, com frequência envolve adição de novas noções, retenção de noções existentes e aquisição de um sentido do contexto no qual a nova noção é mais apropriada. (CUNHA, 1999: p.87)

Mas as críticas ao modelo de mudança conceitual, proposto por Posner e colaboradores (1982), não atingiram apenas a possibilidade de total abandono das noções alternativas. Outros trabalhos discutiram o excesso de racionalidade que permeava o processo. Por conta dessas críticas, Posner e Strike (1992) reavaliaram a proposta inicial, buscando articular de forma mais coerente o modelo. Neste sentido, algumas modificações foram introduzidas: a) uma enorme gama de fatores deve ser considerado na tentativa de descrever a *ecologia conceitual* dos estudantes; motivos e objetivos e suas fontes institucionais e sociais devem

ser consideradas (concepções científicas e alternativas são partes da *ecologia conceitual* dos estudantes; assim, elas devem interagir com outros componentes); b) concepções errôneas podem existir em diferentes modelos de representação e diferentes níveis de articulação; c) uma visão progressiva e interacionista da *ecologia conceitual* é necessária.

Os autores destacaram aí que a tentativa de descrição da mudança conceitual não possuía relações lineares e implicações diretas para o processo de ensino e este não era o objetivo do trabalho desenvolvido em 1982. Além disso assinalaram que em nenhum momento afirmaram que todos os tipos de mudança conceitual ocorrem como uma *acomodação*.

As críticas ao modelo de mudança conceitual proposto por Posner e colaboradores (1982), segundo Pintrich, Marx e Boyle (1993), basearam-se nos seguintes aspectos: 1) as concepções espontâneas dos estudantes desempenhavam um papel paradoxal no processo de mudança; de um lado, podiam impedir que ela ocorresse e, ao mesmo tempo, formariam uma base a partir da qual o indivíduo julgaria a validade da nova informação; 2) a metáfora da *ecologia conceitual* apresentava várias limitações; 3) as quatro condições para que a mudança ocorresse não levavam em consideração os aspectos motivacionais; 4) questionavam a validade de se admitir o aluno como um cientista, já que este último está inserido em uma comunidade que o impele a produzir algo a partir de certos parâmetros tais como problemas, métodos, normas e valores que não são compartilhados por um grupo de estudantes.

A proposta de Pintrich et. al. (1993) visava ampliar o campo da mudança conceitual, inserindo aspectos do domínio sobre fatores motivacionais. Os autores destacaram que os

[...] modelos cognitivos são relevantes e úteis para conceitualizar a aprendizagem dos estudantes, mas sua crença em um modelo acadêmico de ensino frio e puramente cognitivo [...] pode não ser adequado para descrever o ensino no contexto de sala de aula. (PINTRICH et. al, 1993. p.167)

As investigações passam a sugerir que o processo de mudança conceitual não poderia ser descrito como puramente vinculado aos aspectos lógicos e cognitivos. Se de um lado, nas comunidades de ciências naturais o conteúdo das teorias aceitas é frequentemente determinada por fatores lógicos e empíricos, a mudança conceitual individual, em um contexto de sala de aula não operaria da mesma forma. (PINTRICH. et. al., 1993, p. 170).

Os autores sugerem, assim, um modelo mais subjetivo (hot) de mudança conceitual individual, a partir de uma posição construtivista de que tal ação seria influenciada por processos pessoais, motivacionais, sociais e históricos. Os fatores subjetivos e a motivação são aí encarados como forma de criar um clima de comprometimento do aluno com o trabalho escolar e o conhecimento.



| Fatores contextuais de sala de aula   | Fatores motivacionais | Fatores cognitivos                                  | Condições para a mudança |
|---|-----------------------|---|--------------------------|
| <b>Estruturas da tarefa</b><br>Autêntica<br>Desafiadora                                       | Objetivos principais  | Atenção seletiva                                    | <b>Conceitual</b>        |
| <b>Estruturas de autoridade</b><br>Escolha mais favorável<br>Desafio mais favorável           | Crenças epistêmicas   | Ativação do conhecimento prévio                     | Insatisfação             |
| <b>Estruturas de avaliação</b><br>Baseada no crescimento<br>Erro encarado de maneira positiva | Interesse pessoal     | Processamento profundo<br>Elaboração<br>Organização | Inteligibilidade         |
| <b>Gerenciamento da sala de aula</b><br>Uso do tempo<br>Normas de engajamento                 | Valor de utilidade    | Resultado e solução do problema                     | Plausibilidade           |
| <b>Modelo do professor</b><br>Pensamento científico<br>Disposições científicas                | Importância           | Avaliação metacognitiva e controle                  | Caráter frutífero        |
| <b>Suporte do professor</b><br>Cognição<br>Motivação  | Auto-eficácia         | Controle eletivo e regulação                        |                          |
|   | Crenças de controle   |   |                          |

Quadro 4. Fatores contextuais de sala de aula, motivacionais e cognitivos relacionados ao processo de mudança conceitual. (PINTRICH et. al., 1993, p.175)

O Quadro 4 fornece uma visão geral da análise e revela a proposta do modelo sugerido pelos autores. Os seguintes pontos foram evidenciados: a) as relações entre os fatores cognitivos, motivacionais e de sala de aula e as quatro condições para a mudança conceitual seriam interativas e dinâmicas; b) os processos cognitivos podem ser influenciados por crenças motivacionais; c) as crenças motivacionais poderiam ser melhor definidas como situações ou contextos específicos, contrastando com as orientações anteriores em que a motivação era considerada um traço estável da personalidade.

Pintrich e colaboradores (1993) sugeriram ainda algumas condições que deveriam ser respeitadas no trabalho em sala de aula: 1) as tarefas deveriam ser desafiadoras, significativas e autênticas, no sentido de possuir alguma importância para a vida do indivíduo fora da escola; 2) o trabalho deveria ser estruturado de forma que o aluno pudesse fazer escolhas e controlar suas próprias atividades; 3) os procedimentos de avaliação deveriam valorizar outros aspectos que não fossem remetidos à competição, à comparação social ou a recompensas externas.

Novas perspectivas passaram também a considerar a metacognição na discussão da mudança conceitual. Gunstone (1991), Gunstone e Northfield (1992) passaram a defender que a mudança conceitual pudesse ser encarada em termos de reconhecimento, avaliação e reconstrução, ou seja, o indivíduo precisaria reconhecer a existência e a

natureza de suas noções e deveria então decidir se tais concepções deveriam ser mantidas ou reconstruídas. Toda a argumentação dos autores baseou-se em três afirmações: cada um de nós, individualmente, constrói seu próprio significado a partir da experiência; isto implica que a compreensão é individual e, enquanto construções individuais, são diferentes (apesar de freqüentemente apresentarem pontos em comum); grande parte das construções que fazemos enquanto geramos nosso entendimento envolve o ato de relacionar novas idéias e experiências com aquilo que nós já sabemos e acreditamos.

Gunstone, por sua vez, assinalou a importante complementaridade entre *metacognição* e construtivismo:

Por metacognição eu quero dizer amálgama do conhecimento do estudante, consciência e controle, relevantes para sua aprendizagem. [...] uma aprendizagem metacognitiva apropriada é a que pode efetivamente assegurar um processo construtivista de reconhecimento, avaliação e, quando necessário, reconstrução das idéias existentes. (GUNSTONE, 1991, pp. 135-136)

A discussão de Dushl (1995) acerca da mudança conceitual, ao reconhecer no docente o papel de facilitador da aprendizagem, propôs três classes de informação acerca de como os indivíduos aprendem, constroem e desenvolvem o conhecimento científico e habilidades que poderiam servir como subsídios para a ação docente. Tais aspectos são mostrados no Quadro 5.

| CAMPO                                   | PERGUNTA BÁSICA  |
|---|--|
| Conhecimento epistemológico/ científico | Que conhecimentos, provas ou dados decidimos utilizar e com que objetivo o fazemos?  |
| Habilidades cognitivas/pensamento       | Quais estratégias de raciocínio e de construção de significado analisamos e empregamos?  |
| Habilidades sociais/ de comunicação     | Quais são as ações que favorecem a obtenção de informação sobre o conhecimento científico, habilidades de pensamento e habilidades de comunicação? |

Quadro 5. Campos de informação (Duschl, 1995, p. 4)

Dushl e Gitomer (1991) e Dushl (1995) sugeriram que essas informações poderiam ser utilizadas para o planejamento, realização e avaliação de tarefas e atividades de ensino, bem como para acompanhamento e avaliação da capacidade dos alunos, para construir significados, adquirir e comunicar o conhecimento científico e para compreender a natureza da ciência. Dessa forma, as atividades permitiriam o aparecimento de idéias e explicações por parte dos alunos, a discussão e compreensão de tais idéias, bem como a avaliação e uma retroalimentação do processo.

Os argumentos dos autores eram no sentido de que a chave para uma aprendizagem significativa estaria alicerçada na noção de *informação útil*.

A informação útil não se obtém com tarefas de ensino que tenham todos os estudantes trabalhando para obter exatamente os mesmos resultados. A informação útil não se obtém a partir de atividades (tarefas escritas ou perguntas formuladas pelo professor) nas quais se pede aos estudantes que trabalhem com escolhas limitadas [...]. E o que é mais importante, a informação útil não é obtida a partir de atividades nas quais os alunos não compreendem os objetivos [...]

E ainda:

[...] as tarefas de ensino se baseiam em soluções de problemas autênticos e com sentido. [...] quando se consegue que os estudantes participem na estruturação do problema e na produção de afirmações que descrevam sua percepção e seu significado. [...] quando se dá aos alunos a possibilidade de analisar e discutir as produções, afirmações e idéias de cada um deles sobre os processos de investigação. [...] quando a atividade na aula se estrutura a partir de práticas científicas empregadas na comunicação, argumentação e explicação de afirmações

sobre conhecimento científico, de procedimentos metodológicos e objetivos de investigação. (DUSCHL, 1995, p.10)

Para que essa mudança de postura ocorresse em sala de aula, Duschl (1995) propôs uma seqüência instrucional com cinco passos, denominada *conversação avaliativa*. O objetivo seria envolver estudantes e professores em um diálogo, numa seqüência de conflitos com o propósito de gerar acordos e desacordos. Um elemento chave dessa proposta estava nas chamadas *conversações avaliativas*, que surgiriam a partir da análise e da discussão da *informação útil* produzida pelos estudantes (*portifólio cultural*).

|   |
|---|
| 1. Fazer com que os sujeitos ou grupos participem das tarefas que produzam uma diversidade ou gama de resultados.   |
| 2. Conduzir apresentações em público para dar uma idéia precisa da diversidade de esforços e significados.  |
| 3. Analisar e discutir as características de tal diversidade concentrando-se no objetivo.   |
| 4. Síntese em grupo: Empregar discussões para, na medida do possível, obter uma opinião consensual ou ao menos uma diminuição da diversidade original, fazendo uso dos critérios do objetivo da tarefa. |
| 5. Aplicar o que foi aprendido em uma situação diferente. Analisar novamente uma tarefa já realizada ou empregá-la a outras novas.  |

QUADRO 6. Cinco passos em uma conversação avaliativa. (Duschl, 1995, p. 10)

No Quadro 7, Duschl e Gitomer (1991) esclarecem a noção de *portifólio cultural* através de uma comparação com a visão tradicional de ensino.

| Cultura Tradicional de Ciência  | Cultura de Portifólio de Ciência   |
|---|--|
| <b>Visão de Ciência</b>   |  |
| Método científico estritamente hipotético- dedutivo.<br>Epistemologia lógico-positivista.<br>Distinção sustentável (válida) entre observação e teoria.              |  |
| <b>Papel do estudante</b>   |  |
| Baixo "input" do estudante/imagem não ativa.<br>Significados científicos recebidos.<br>Baixo nível de reflexão.<br>Uso de estratégias desenvolvidas pelo estudante. | Alto "input" do estudante /imagem ativa.<br>Significados científicos negociados.<br>Alto grau de reflexão.<br>Uso de conhecimento estratégico /fundamentado. |
| <b>Papel do Professor</b>   |  |
| Disseminador de Conhecimento científico.<br>Não participante na construção do conhecimento científico.<br>Rigorosa aderência ao currículo prescrito.                | Artífice do conhecimento científico.<br>Participante na construção do conhecimento sobre ciência.<br>Modifica e adapta o currículo prescrito.                |
| <b>Objetivos do Currículo</b>   |  |
| Conhecimento científico: o que sabemos.   | Conhecimento sobre ciência: como e por que nós sabemos.  |
| Enfatiza explicações inteiramente prontas.  | Enfatiza o crescimento do conhecimento e o desenvolvimento da explicação.  |
| Amplitude do conhecimento.  | Profundidade do conhecimento.  |
| Conhecimento científico básico.   | Conhecimento científico contextualizado.   |
| Unidades curriculares discretas (distintas).  | Unidades curriculares relacionadas.  |

QUADRO 7. Contrastando entre a visão tradicional de ensino e a proposta de portfólio cultural. (Duschl e Gitomer, 1991: 849)

A revisão acima mostra o surgimento do "modelo de mudança conceitual" proposto por Posner e colaboradores a partir da intensificação das investigações sobre concepções espontâneas surgidas a partir da década de 70, como algumas exemplificadas no caso brasileiro, bem como as conseqüentes discussões que se sucederam. Embora essa revisão tenha destacado importantes contribuições dos autores sobre a temática, é apenas um recorte dos autores, estando longe, portanto, de esgotar ou representar a imensa literatura, as diversas tendências que se constituíram a partir desses estudos e os resultados produzidos por estudos realizados com a finalidade de aplicar esses modelos e tendências em situações de ensino de sala de aula.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão acima pode mostrar, feitas as ressalvas anteriores, a importante contribuição que as investigações dentro desse "paradigma construtivista" trouxeram para a Educação em Ciências. Observa-se a complexidade do caminho que as discussões sobre "mudança conceitual" experimentaram ao procurar atender as novas demandas que se fizeram presentes quando se passou a considerar e a contemplar vários outros fatores que intervêm nos processos de ensino e aprendizagem.

Essa contribuição também é mostrada em outras reflexões sobre o construtivismo, como as de Matthews

(2000, p. 501), o qual mostra que os estudos nesta linha têm auxiliado a educação em Ciências ao "re-enfatizar a importância do conhecimento prévio para o processo de aprendizagem de novos conteúdos, ao realçar a importância da compreensão como objeto do ensino de Ciências, ao promover o comprometimento do aluno na aula e outros avanços." Esses estudos parecem também ter levado os docentes à consciência para a "dimensão humana presente na Ciência, sua possibilidade de falha, sua conexão com a cultura e interesses, o lugar da convenção na teoria científica, a historicidade dos conceitos, os procedimentos complexos da avaliação da teoria e muito mais".

Da mesma forma, Duit e Treagust (2003, p. 684) entendem "a necessidade de acabar com a distância entre a teoria e prática pelo menos até certo ponto" e que a investigação em mudança conceitual não pode ser transposta diretamente para a sala de aula, mas os programas de capacitação docente podem auxiliar na mudança das concepções sobre o ensino e a aprendizagem de professores e, conseqüentemente, suas práticas. Para tanto, é necessário que as teorias sejam simplificadas de tal forma que possam fazer parte da rotina normal dos professores.

Entendemos a impossibilidade de levar todos os professores a tornarem-se investigadores (no sentido estrito do termo), mas uma das maneiras de amenizar esta situação é fazer com que os professores em capacitação participem ativamente da construção de atividades que

visem a mudança conceitual em suas salas de aula. Por outro lado, o trabalho de investigadores com docentes em exercício pode contribuir para diminuir essa distância e os resultados desse trabalho podem levar a novas contribuições para a investigação, fortalecendo as bases teóricas em que se fundamentam.

## REFERÊNCIAS

CHI, M.T.H. Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In.: R. GIERE (Ed.) *Cognitive models of Science: Minnesota Studies in the philosophy of Science*. Minnesota: University of Minnesota Press. 1991

CUNHA, A. M. O. *A mudança conceitual de professores num contexto de educação continuada*. Tese (doutorado em Educação). Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo. 1999 479p.

DORAN, B.G. Misconceptions of selected science concepts held by Elementary School students. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 9, n. 2, p. 127-137 1972.

DRIVER, R. Student's conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11, special issue, p.481 - 490, 1989.

DUIT, R. e TREGUST, D.F. Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, v. 25, n. 6, p. 671-688, 2003.

DUSCHL, R. A.; GITOMER, D. H. Epistemological Perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, v.28, n.9, p. 839 - 858, 1991.

DUSCHL, R. A. Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de Las Ciencias*, v.13, n.1, p. 3- 14, 1995.

GOULART, S. M. ; Dias, E.C.N.; BARROS, S.L.S. Conceitos espontâneos de crianças sobre fenômenos relativos à luz: análise qualitativa. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 6, n. 1, p. 9-20, 1989.

GUNSTONE, R. Constructivism and metacognition: theoretical issues and classroom studies. In.: Duit, R. (Ed.). *Proceedings of an international workshop held at the University Bremen*. Bremen: March 4-8. Kiel: Inst. Für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Univ. , p. 129 - 140, 1992.

GUNSTONE, R. F.; NORTHFIELD, J. *Conceptual change in teacher education: the centrality of metacognition*. Paper given at the meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, 1992.

GUNSTONE, R. F., WHITE, R. T. Understanding of Gravity. *Science Education*. v.6, n. 5, p. 291 - 299, 1981.

HASHWEH, M. Z. Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, v.8, n.3, p. 229 - 249, 1986.

HEWSON, P. W.; HEWSON, M.G. Effects of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Science Education*, v. 6, p. 1-6, 1984.

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo, Ed. Perspectiva, 262 p, 1975.

LABURÚ, C. E. ; CARVALHO, A. M. P. Noções de aceleração em adolescentes: uma classificação. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 15, n. 1-4, p. 61-73., 1993.

LABURÚ, C. E. *Desenvolvimento e aprendizagem do conceito de aceleração em adolescentes*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Faculdade de Educação e Instituto de Física. Universidade de São Paulo. São Paulo, 288p, 1987.

LAKATOS, I. Falsification and the methodology of scientific research programmes. In.: I. LAKATOS & A. MUSGRAVE (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press, 1970.

MATTHEWS, M. Editorial. *Science & Education*, n. 9, p. 491-505, 2000.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? In: Escola de Verão para Professores de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia, *Coletânea ...*, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, Serra Negra, São Paulo, p. 56-74, 1995.

NARDI, R. *Um estudo psicogenético das idéias que evoluem para a noção de campo: subsídios para a construção do ensino desse conceito*. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. 292 p, 1990.

NARDI, R. *Campo de força: subsídios históricos e psicogenéticos para a construção do ensino desse conceito*. Textos. Investigações para o ensino de Ciências. Número 5. Coordenadoria de Comunicação Social. Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação. 159p, 1991.

NARDI, R. *História da Ciência x Aprendizagem: Algumas semelhanças detectadas a partir de um estudo psicogenético sobre as idéias que evoluem para a noção de Campo de Força*. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, n. 1, p. 101-106, 1994.

- of  
1.  
al  
3,  
n  
e  
e  
o  
3  
7
- NUSSBAUM, J.; NOVAK, J. D. An assessment of children's concepts of the Earth utilizing structured interviews. *Science Education*, v. 60, n.4, p. 535 – 550., 1976.
- NUSSBAUM, J. Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: A cross Age Study. *Science Education*. v. 63, n.1, p. 83 – 93, 1979.
- NUSSBAUM, J.; SHARONI-DAGAN, N. Changes in second grade children's preconceptions about the Earth as a cosmic body resulting from a short series of audio tutorial lessons. *Science Education*. v. 67, n.1, p. 99 – 114, 1983.
- NUSSBAUM, J. The Earth as a Cosmic Body. *Children's ideas in science*. Open University. Press. Philadelphia, p. 171 – 192, 1985.
- PFUNDT, H. e DUIT, R. *Student's Alternative Frameworks and Science Education*. Institute for Science Education, 4<sup>th</sup> Edition, Universidade de Kiel, Alemanha, 288 p, 1994.
- PINTRICH et. al. Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, v. 63, n. 2, p.167 - 199, 1993.
- POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W. and GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v. 66, n.2, p. 211-227, 1982.
- POSNER, G. J.; STRIKE, K. A. A revisionist theory of conceptual change. In.: DUSCHL, R. and HAMILTON, R. J. (Eds.). *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. State University of New York Press, Albany, 1992.
- SANTOS, M. E. V. M. *Mudança conceitual na sala de aula: um desafio pedagógico*. Livros Horizonte, 260p.1991.
- SILVA, D. *Psicogênese do conceito de velocidade angular*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Faculdade de Educação e Instituto de Física. Universidade de São Paulo. 216p, 1988.
- SILVA, D. *O ensino construtivista da velocidade angular*. Textos. Investigações para o ensino de Ciências. Número 4. Coordenadoria de Comunicação Social. Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação. 59p, 1990.
- SOLOMON, J. Learning about energy: how pupils think in two domains. *European Journal of Science Education*, v.5, n.1, p. 49-59, 1983.
- TEODORO, S. R. *A História da Ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional*. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência), Bauru., Universidade Estadual Paulista, 278p, 2000.
- TOULMIN, S. *Human understanding*. Princeton: Princeton University Press, 1972.
- VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, v. 1, n. 2, p.205-222, 1979.
- WATTS, D. & ZYLBERSTAJN, A. A survey of some children's ideas about force. *Physics Education*, v. 15, p. 360 – 365, 1981.
- WHEATLEY, G. H. Constructivist perspectives on Science and Mathematics learning. *Science Education*, v. 75, n. 1, p. 9 – 21, 1991.