

ELEMENTOS DE UM REFERENCIAL TEÓRICO CONCEBIDO PARA O PLANEJAMENTO E AVALIAÇÃO DE SEQUENCIAS DE ENSINO

SOME PIECES OF A FRAMEWORK CONCEIVED FOR PLANNING AND EVALUATION OF PHYSICS TEACHING

Helder de Figueiredo e Paula¹

1 Colégio Técnico da UFMG, helder100@uai.com.br

Resumo

Uma parte dos pesquisadores da área de Educação em Ciências tem trabalhado há décadas para definir orientações destinadas à elaboração de materiais de ensino e sua validação. Este artigo continua essa trajetória e apresenta alguns elementos de um referencial teórico estruturado durante o processo de planejamento e avaliação de uma sequência de ensino. O que nos levou a elaborar o referencial que este artigo apresenta foi a necessidade de identificar as demandas de aprendizagem geradas pela introdução de um novo tema no currículo de física do ensino médio (Paula e Alves, 2007). A base dos princípios que propomos situa-se na diferenciação e na integração entre quatro tipos de conhecimento escolar: o teórico-conceitual, o fenomenológico, o epistemológico e o pragmático. O presente artigo recorta e discute dois desses quatro tipos de conhecimento. Em nossas considerações finais, apresentamos brevemente os outros dois tipos, assim como exemplificamos como eles foram usados na avaliação da aprendizagem propiciada pela sequência. Apesar da prevalência da epistemologia como critério fundamental de nossas escolhas terminológicas e teóricas, fizemos uso de noções oriundas da semiótica e filiamos nosso marco referencial teórico mais geral a uma perspectiva cultural.

Palavras-chave: Ensino de Física no Nível Médio; Planejamento do Ensino; Epistemologia e Currículo.

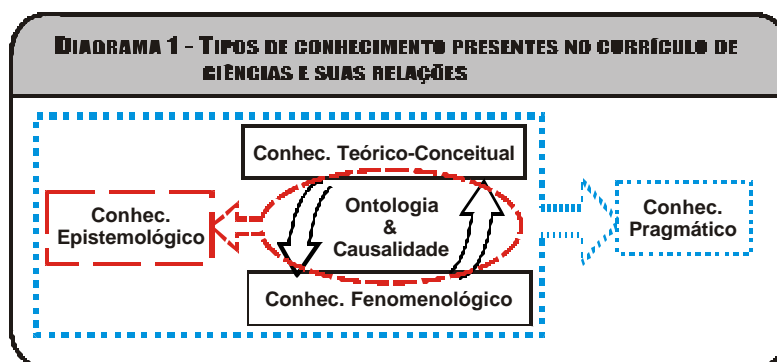
Abstract

For decades researchers in Science Education have been working to establish guidelines to design teaching materials and to evaluate them. This is a paper within that tradition. It reports some elements of a theoretical framework structured during the process of planning and evaluation of a teaching sequence. Our purpose is to identify learning demands when a new subject is introduced in curricula (Paula e Alves, 2007). Our theoretical framework is based on differentiation and integration of four types of school knowledge: theoretical, phenomenological, epistemological and pragmatic. The paper discusses and analyses only two. At the end, we present briefly the other two types, and show how they were used in the learning assessment. Epistemology is the main source of terms and theoretical ideas, however many notions stem from semiotics. The broader theoretical framework is of a cultural perspective.

Keywords: Physics Teaching at High School; Teaching Planning; Epistemology and Curriculum.

Introdução

Este artigo apresenta alguns elementos de um referencial teórico estruturado durante o processo de planejamento e avaliação de uma seqüência de ensino (Paula e Alves, 2007). Apesar disso, a seqüência de ensino em si, bem como sua descrição ou análise, não são o alvo deste trabalho. Nossa intenção aqui é de dar a ver parte do referencial teórico que está sumariado no diagrama I. Devido às restrições impostas à extensão desse trabalho, centraremos nossa atenção em apenas dois dos quatro tipos de conhecimento apresentados nesse diagrama.



Nas duas seções seguintes apresentaremos o estatuto e as características dos conhecimentos teórico-conceitual e fenomenológico, assim como suas relações na constituição do conhecimento científico escolar. Os outros dois tipos de conhecimento citados no diagrama I são discutidos mais detidamente em outro trabalho não submetido ao XI EPEF e serão apenas apresentados em nossas considerações finais. Nesta última seção, também exemplificaremos como a identificação desses quatro tipos de conhecimento foi utilizada na avaliação da aprendizagem propiciada pela seqüência.

Existem atualmente duas diretrizes básicas para o trabalho de concepção e avaliação de seqüências de ensino no interior do grupo de pesquisa do qual o autor deste artigo faz parte. A primeira consiste em uma análise do estatuto epistemológico dos conhecimentos em jogo nas seqüências de ensino. A segunda vincula-se à adoção de orientações didático-metodológicas concebidas para configurar ambientes de ensino aprendizagem nos quais os estudantes se sintam desafiados e motivados a se apropriar de aspectos do conhecimento e da cultura científica.

Uma parte dos pesquisadores na área de Educação em Ciências tem trabalhado há décadas para definir orientações para a elaboração de materiais de ensino que levem em consideração, ao mesmo tempo, tanto análises epistemológicas sobre o conteúdo de ensino, quanto hipóteses e investigações sobre como a aprendizagem ocorre nas condições concretas da sala de aula.

O avanço atual das pesquisas na Educação em Ciências resultou no desenvolvimento de princípios heurísticos para a construção de seqüências de ensino. Algumas das mais conhecidas talvez sejam a *Developmental Research* (LINJSE, 1995), a *Ingénierie Didactique* (ARTIGUE, 1988) e a *Modelagem* (TIBERGHEN, 1994). Na França, essas contribuições resultaram na elaboração de uma ferramenta para analisar e construir seqüências de ensino (BUTY et al., 2004).

O trabalho apresentado neste artigo situa-se na linha de desenvolvimento desses princípios heurísticos e inspira-se nos trabalhos citados, embora trace um modo próprio de organizar e conceber esses princípios. Na base de nossos princípios heurísticos encontra-se a diferenciação e a integração dos tipos de conhecimento que aparecem no diagrama 1.

Ao contrário do que uma análise apressada do diagrama 1 pode sugerir, os quatro tipos de conhecimento nele citados não são independentes. A tese da irredutibilidade desses tipos de conhecimento e da necessidade de sua explicitação no processo de planejamento do ensino, apenas afirma a impossibilidade de que, qualquer um deles, tomado isoladamente, nos permita lidar adequadamente com a complexidade do conhecimento escolar. Todavia, apesar de irredutíveis um ao outro, esses quatro tipos de conhecimento são ao mesmo tempo indissociáveis e complementares.

O conhecimento teórico-conceitual

Existe uma razão para termos escolhido o conhecimento teórico-conceitual (C.T-C) como porta de entrada da apresentação de nossa abordagem sobre os tipos de conhecimento indicados no diagrama 1 e suas relações. Tal escolha se deve à nossa convicção acerca: (i) da predominância do conhecimento teórico-conceitual na cultura escolar; (ii) do estatuto eminentemente teórico do conhecimento científico.

Além disso, estamos convictos de que mesmo o conhecimento cotidiano também é, em certa medida, um conhecimento de “natureza teórica”. Embora não tenha geralmente o mesmo nível de sistematização e formalização do conhecimento científico, o conhecimento cotidiano também é mediado por conceitos, pois não existe outra forma de acesso ao mundo dos objetos e eventos.

A tese de que a percepção e a observação são mediadas por conceitos é amplamente aceita pelas epistemologias contemporâneas das ciências, mas iremos atribuí-la aqui à Vygotsky (1991 e 1999), visto que nossa intenção é estender essa tese para todo e qualquer tipo de conhecimento humano. Ao propor essa tese, Vygotsky assinala que os conceitos têm origem no desenvolvimento interdependente do pensamento e da linguagem. No início, as crianças pequenas ainda não dispõem propriamente de conceitos e usam as palavras com a função de rotular e identificar objetos. A rotulação capacita a criança a escolher um objeto específico e isolá-lo de uma situação global na qual ela percebe inúmeros objetos e eventos simultaneamente. Como resultado, o imediatismo da percepção ‘natural’ é suplantado por um processo complexo de mediação que faz surgir a capacidade de atenção seletiva e controlada.

O aspecto característico da percepção humana – que se inicia desde muito cedo com o processo de rotulação e continua até a formação dos primeiros conceitos – é o de que os objetos e demais elementos do ambiente não são vistos, simplesmente, em cor e forma: eles são percebidos a partir dos sistemas conceituais que são internalizados pelo sujeito durante o processo de apropriação da cultura na qual ele está inserido. Quando vemos um relógio analógico, por exemplo, não vemos simplesmente algo redondo e preto com dois ponteiros. Vemos efetivamente um objeto que identificamos imediatamente com o conceito de relógio. Podemos, assim, distinguir um ponteiro do outro e saber quantas horas o relógio está marcando no mesmo ato perceptivo que nos dá a consciência de que temos um relógio à nossa frente. Segundo Vygotsky (1991, p. 37):

Alguns pacientes com lesão cerebral dizem, quando vêem um relógio, que estão vendo alguma coisa redonda e branca com duas pequenas tiras de aço, mas são incapazes de reconhecê-lo como um relógio; tais pessoas *perderam seu relacionamento real com os objetos*. Essas observações sugerem que toda percepção humana consiste em percepções categorizadas ao invés de isoladas (grifo meu).

A posição de Vygotsky, assumida pelo grupo de pesquisa do qual eu faço parte, trata o problema da natureza ou do estatuto do conceito associando conceito e signo. Na condição de signo, a função primordial de qualquer conceito é a da comunicação e, na medida em que participa de sistemas conceituais ou sistemas de signos, o conceito também desempenha uma segunda função primordial: a estruturação do pensamento.

O conceito é um signo de um ou de vários objetos. Por isso, a função lógica dos conceitos é a de “ocupar o lugar de outras coisas” e a compreensão dessa função pressupõe uma análise semiótica dessa relação. Somente mediante tal análise podemos compreender a relação arbitrária entre o conceito, na função de signo, o sistema de signos do qual ele faz parte, e as entidades, objetos ou eventos que nós significamos por meio dos conceitos. Desde esse ponto de vista, o conhecimento humano é, essencialmente, o resultado da invenção e da utilização de signos. D’Amore (2005) resume esse ponto de vista ao afirmar que não existe *noesis* sem *semiosis*.

Como nos lembra Abbagnano (2000), a perspectiva simbólica (ou semiótica) do conceito tem como contrapartida a admissão de sua natureza instrumental. Ele, então, identifica ao menos quatro diferentes funções instrumentais do conceito. A primeira é a de descrever os objetos da experiência para permitir o seu reconhecimento. Trata-se, portanto, de uma função descritiva ou referencial. A segunda função é a de generalização e está vinculada ao caráter classificador do conceito. A terceira função, tal como a segunda, também está associada à organização dos dados da experiência, mas situa-se além da classificação, no sentido do estabelecimento de conexões de natureza lógica. Tais conexões, por sua vez, não existem no conceito tomado isoladamente, mas no sistema de conceitos do qual ele faz parte. A quarta função associa-se às conexões de natureza temporal e explica como o uso dos conceitos nos torna “viajantes do espaço-tempo”, fazendo-nos capazes de utilizar a experiência passada para antecipar ou prever eventos futuros.

A semiótica nos ensina que os signos só existem como constitutivos de sistemas de signos. Essa é exatamente a razão pela qual os conceitos científicos só existem como elementos de uma teoria. Apropriando-nos do conceito de matriz disciplinar formulado por Kuhn (1977 E 1998) podemos dizer que as teorias científicas são produções culturais compostas por conceitos integrados em uma totalidade logicamente coerente, o que pressupõe a adoção de: (a) compromissos epistemológicos que definem ideais de explicação e noções de causalidade; (b) crenças ontológicas utilizadas para atribuir propriedades aos objetos do mundo natural; (c) modelos que permitem comunicar idéias extraídas da teoria e realizar previsões ou simulações a partir delas; (d) estratégias concebidas para permitir a produção e a análise de evidências.

A título de esclarecimento, nos próximos parágrafos, irei falar brevemente de três dos quatro elementos que compõem as teorias. Não tratarei agora dos compromissos epistemológicos que compõem as teorias, visto que eles serão objeto

de uma seção à parte no artigo que complementa a apresentação dos tipos de conhecimento representados no diagrama 1.

As crenças ontológicas ou simplesmente a ontologia que compõe todo e qualquer conhecimento acerca do mundo natural situam-se no limiar entre o conhecimento teórico-conceitual e o conhecimento fenomenológico que é o objeto da próxima seção deste artigo. Como exemplo de crença ontológica, posso mencionar a idéia de que os elementos que constituem a matéria possuem carga elétrica. Essa é uma crença ontológica ou metafísica que possui o status de “crença científica”, visto que foi assimilada e assumida pelas teorias produzidas pela atividade científica. Por outro lado, a idéia de que o calor é alguma espécie de substância que os corpos mais quentes possuem em maior quantidade, também é uma crença metafísica, mas, nesse caso, não é mais considerada científica, já que para as ciências atuais o calor é um processo de transferência de energia e não uma substância.

Os modelos surgem como idealizações da experiência, tendo em vista critérios definidos pela teoria. Eles também são, por outro lado, frutos de apropriações intencionalmente simplificadoras da teoria. Por meio de um jogo de transformações internas entre os elementos de um modelo, reunimos o que julgamos observar com o que somos capazes de imaginar. Ao nos auxiliar a conceber processos invisíveis ou inacessíveis à observação, os modelos nos permitem interpretar o que julgamos observar, desde um ponto de vista lógico e coerente.

As estratégias ou métodos usados para produzir e avaliar evidências distinguem as ciências naturais da filosofia, forma de conhecimento da qual toda ciência natural se originou. O termo evidências designa o conjunto de observações que pode dar sustentação a uma determinada proposição ou enunciado. Na Física, a busca de evidências ocorre, geralmente, mediante processos de experimentação ou observação controlada envolvendo tanto observações qualitativas, quanto medições de grandezas definidas pela teoria. Neste sentido, os conceitos matemáticos utilizados na Física, e os procedimentos de cálculo a eles associados, fazem parte dos métodos fundadores dessa ciência (KUHN, 1977).

As ciências constroem teorias que descrevem mundos possíveis. Esses mundos possíveis, povoados por entidades criadas com o auxílio de nossa imaginação, não podem convergir, nem mesmo assintoticamente, com o mundo natural. Em outras palavras, não podemos conhecer o mundo “tal como ele realmente é”. Todavia, é sempre possível definir um conjunto de critérios para julgar em que medida o mundo concebido por uma teoria apresenta comportamentos semelhantes ao mundo natural, tal como nós o conhecemos em uma determinada etapa de nossa evolução cultural.

A coordenação entre teorias e evidências pressupõe esforço criativo e persistência, dado à resistência que o mundo natural normalmente oferece em corresponder às nossas conjecturas e a apresentar comportamentos semelhantes àqueles exibidos pelos mundos possíveis que concebemos criativamente. Essa resistência, aliás, é a prova mais patente de que o mundo natural possui existência objetiva e é independente de nossa consciência. A esse respeito, Bohm e Peat (1989, p. 17) dizem:

Muito claramente, se a realidade alguma vez deixasse de revelar novos aspectos fora do nosso pensamento, então, só muito dificilmente poderíamos dizer que ela tem uma existência objetiva independente de nós.

A necessidade de coordenar teorias e evidências nos faz perseguir observáveis apenas previstos, mas já aceitos dentro do universo dos possíveis, sob a ótica das teorias a partir das quais se conduz uma investigação. A idéia de evidência engloba as idéias de investigação e teoria. Assim, uma observação só pode ser considerada uma evidência quando contrastada com previsões derivadas de modelos e teorias.

Inspirando-nos em Lakatos (1979), podemos afirmar que a coordenação entre teorias e evidências envolve pelo menos dois tipos diferentes de teorias: as explícitas e as observacionais. As teorias explícitas são aquelas que utilizamos para interpretar certo conjunto de dados ou evidências, enquanto mantemos os conceitos e outros elementos que as constituem sob o foco de nossa consciência. As observacionais são as teorias utilizadas para a produção dos dados de que depende o trabalho intelectual coordenado pelas teorias explícitas. Geralmente, os elementos que compõem as teorias observacionais não se mantêm sob o foco de nossa consciência, embora isso possa vir a acontecer se algo “der errado” ou se algo nos surpreender.

Extrapolando o referencial de Lakatos, podemos definir teorias observacionais como um conjunto de conceitos, modelos e esquemas interpretativos bem sucedidos e amplamente aceitos em uma comunidade de especialistas e que por isso constituem aquilo que Latour e Woolgar (1997) e Latour (2000) chamam de conhecimento reificado. Trata-se de um conjunto de proposições sobre as quais não existem mais polêmicas e que, portanto, já não são mais consideradas meros artefatos do pensamento. Tais proposições exibem, por essa razão, o status de fatos atribuídos à natureza e os conceitos nos quais elas se baseiam, supostamente, nos dão acesso inequívoco a esses fatos.

O conhecimento fenomenológico

Abbagnano (2000) afirma a existência de três significados atualmente em uso na filosofia para o termo fenômeno. Um desses significados tem sua origem no trabalho de Bacon, Descartes e Hobbes e vincula esse termo àquilo que é acessível através dos sentidos e, portanto, à aparência assumida por objetos e eventos. O outro é oriundo da fenomenologia de Husserl e Heidegger, da qual não nos ocuparemos neste artigo. O terceiro é aquele que mais se aproxima do uso que fazemos do conceito de fenômeno em nosso referencial teórico e que pode ser atribuído, originalmente, ao criticismo de Kant.

Segundo Kant, o fenômeno é, em geral, o objeto do conhecimento enquanto condicionado pelas formas da intuição (tempo e espaço) e pelas categorias do intelecto. Diz: ‘Fenômeno é o que não pertence ao objeto em si mesmo, mas se encontra sempre na relação entre ele e o sujeito, e é inseparável da representação que este tem dele. (Kant, I. Crítica da Razão Pura, Estética Transcendental, § 8, apud. ABBAGNANO, 2000: p.437).

Apesar de não nos inscrevermos no apriorismo ou no criticismo de Kant, vinculamos nosso conceito de fenômeno à citação acima por também acreditarmos na tese de que o fenômeno não consiste em uma manifestação direta dos objetos e eventos do mundo natural à nossa consciência ou à nossa compreensão. Assim como Kant, acreditamos que o fenômeno é aquilo que se manifesta ao homem sob

certas condições limitativas. Diferentemente de Kant, todavia, nós vinculamos tais condições não a um suposto conjunto de intuições a priori, e sim a um aparato de conceitos e teorias pré-constituídos em nossa cultura, dos quais nos apropriamos parcialmente na condição de sujeitos dessa cultura.

Diretamente associada a essa concepção de fenômeno encontra-se o conceito de fenomenotécnica criado por Bachelard (1991, 1993 e 1996) para caracterizar a função do experimento nas ciências naturais. Esse termo indica o processo mediante o qual as teorias guiam a concepção de instrumentos e aparatos experimentais para expandir o real ou produzir novas realidades. De acordo com Bachelard, a fenomenotécnica prolonga a fenomenologia, de modo que:

O instrumento de medida acaba sendo uma teoria, e é preciso compreender que o microscópio é um prolongamento mais do espírito do que do olho (BACHELARD, 1996, p. 297).

Pode-se evocar um longo período em que o instrumento precede a sua teoria. O mesmo não acontece atualmente, nos domínios verdadeiramente ativos da ciência, em que a teoria precede o instrumento, de forma que o instrumento de física é uma teoria realizada, concretizada, de essência racional (BACHELARD, 1991, p. 25).

Os conceitos de fenômeno e fenomenotécnica tal como acima delineados apenas reafirmam nossa convicção acerca de uma complementaridade essencial entre o conhecimento fenomenológico (C.F.) e o conhecimento teórico-conceitual (C.T-C.). Também aproximam o C.F. daquilo que Lakatos chamou de teorias observacionais, pois é a partir dos conceitos estruturados nessas teorias que os fenômenos se revelam e podem adquirir algum significado para nós.

Um outro aspecto fundamental da complementaridade existente entre C.F. e C.T-C. situa-se no nível da ontologia. Esse tema foi antecipado na seção anterior deste artigo quando as crenças ontológicas foram mencionadas como uma das quatro dimensões constitutivas das teorias (junto aos compromissos epistemológicos aos modelos causais e às estratégias de produção e análise de evidências). Para Pozo Municio e Gomez Crespo (1998), aqueles que se dispõem a aprender ciências devem superar a tendência a explicar os fenômenos em termos das propriedades dos materiais e objetos (ontologia baseada em estados ou lógica de atributos) para conceber as explicações em termos de processos (ontologia baseada em processos) ou da articulação entre diferentes processos (ontologia baseada em sistemas sujeitos a um dado conjunto de regras gerais ou abstratas).

A compreensão da complementaridade e da proximidade entre C.F. e C.T-C. que se depreende do modo como conceituamos o termo fenômeno e como descrevemos o papel da ontologia na construção de conhecimentos sobre o mundo natural nos leva forçosamente à pergunta: em que consiste a irredutibilidade do C.F. em relação ao C.T-C.? Qual a especificidade do C.F. e o que ganhamos ao recortá-lo e diferenciá-lo dos outros tipos de conhecimento apresentados no diagrama I?

O C.F. diz respeito ao conjunto de evidências que supostamente sustenta e reafirma o caráter bem sucedido de um dado conjunto de teorias, modelos e esquemas interpretativos. Do ponto de vista do currículo escolar, esse tipo de conhecimento permite a identificação de um repertório de contextos de vida e significado dos estudantes que podem ser recortados como objeto da atenção e curiosidade do grupo. Uma parte do C.F. a ser produzido no ambiente escolar, todavia, compõe-se de fenômenos inicialmente desconhecidos pelos estudantes, mas que podem ser por eles reconhecidos como dignos de interesse, seja em

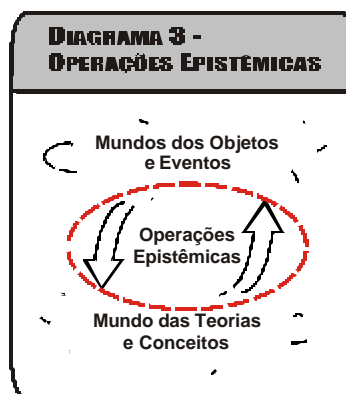
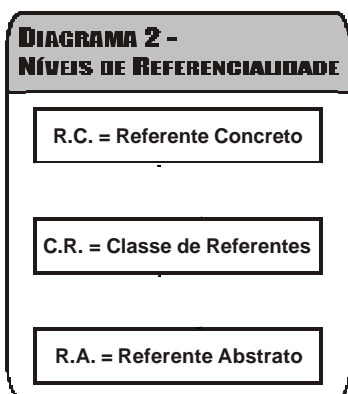
função de sua importância para a história das ciências, seja por sua eventual vinculação a contextos de vida e significado desses estudantes.

Desenvolver o C.F. em sala de aula implica em “educar o olhar” e permear a imaginação do estudante com conceitos necessários à realização de observações situadas “sob a lente das teorias”. Implica em reconhecer que o experimento é uma pergunta que fazemos à natureza e que seu significado depende de nossas expectativas em relação a possíveis respostas, assim como das idéias nas quais tais expectativas se baseiam (PAULA, 2004).

O C.F. é também gerador de demandas epistêmicas, isto é, de demandas por conhecimentos associados a alguma teoria explícita, conforme a definimos anteriormente. Isso acontece porque o acesso aos fenômenos mediado por teorias de senso comum ou por teorias científicas apenas parcialmente apresentadas e compreendidas pelos estudantes tende a dar origem a questões cuja resposta não pode ser encontrada no nível dos fenômenos ou dos conhecimentos precários de que o grupo de estudantes dispõe em um determinado momento. Algumas atividades escolares experimentais concebidas em uma linha investigativa conseguem cumprir o papel de mobilizar a atenção do grupo na busca de uma teoria explícita que dê um novo sentido a dados experimentais e observacionais que em um dado momento se mostram surpreendentes, paradoxais ou incompreensíveis.

Essas considerações iniciais permitem uma primeira aproximação em relação ao significado da dupla seta por meio da qual o diagrama 1 representa as relações entre C.T-C. e C.F. Por um lado o C.F. é dependente de um dado C.T-C. que dá sentido aos fenômenos e observações e que corresponde às teorias observacionais de que falamos anteriormente. Por outro lado, o próprio C.F. pode desafiar o C.T-C. disponível a um determinado conjunto de sujeitos e realimentar o processo de sofisticação das teorias explícitas que compõem esse C.T-C., levando-o a níveis mais avançados em termos de sua capacidade explicativa e preditiva.

Um aspecto importante da especificidade do C.F. e de sua utilidade em uma análise epistemológica do conhecimento escolar pode ser vislumbrado a partir dos conceitos de níveis de referencialidade e de operações epistêmicas apresentados por Silva e Mortimer (2007, partes I e II). Os diagramas 2 e 3 foram por mim elaborados como um recurso de registro de alguns dos aspectos mais importantes desses conceitos e serão brevemente analisados a partir de agora.



De acordo com Silva e Mortimer (idem), as ações de linguagem por meio das quais o conhecimento científico é apresentado e discutido em sala de aula

envolvem a produção de enunciados que ora tomam como base referentes concretos, tais como a água líquida, o gelo e o vapor de água de nosso dia a dia, ora tratam de referentes abstratos como é o caso, por exemplo, do conceito de fases da matéria (sólida, líquida ou gasosa). Os referentes concretos estão associados ao mundo dos objetos e eventos, mencionado no diagrama 3, enquanto os referentes abstratos seguem associados ao mundo das teorias e conceitos.

Do ponto de vista dos níveis de referencialidade, a passagem de referentes concretos a referentes abstratos (e vice-versa) geralmente implica na produção de enunciados que envolvem classes de referentes. Uma classe de referentes concretos é, por exemplo, o conceito de gás, desde que o signo gás esteja relacionado a diferentes referentes concretos tais como o ar atmosférico, o gás usado para encher balões e gases tóxicos cuja existência a grande maioria de nossos alunos de ensino médio admite. Uma classe de referentes abstratos é, por exemplo, o conceito de partícula que trata de forma genérica os elementos microscópicos que constituem os gases.

As operações epistêmicas sinalizadas pelo diagrama 3 relacionam o mundo dos objetos e eventos e o mundo das teorias e conceitos. A generalização, por exemplo, é uma operação epistêmica (ou uma ação de linguagem) que permite o estabelecimento de uma relação entre diferentes referentes concretos com um dado conjunto de conceitos articulados por um modelo ou teoria. A inferência dedutiva, por outro lado, faz o movimento contrário, e permite a produção de previsões oriundas das teorias e modelos que tenham em vista uma classe de referentes à qual podem se vincular um ou mais referentes concretos.

Um discurso sobre o mundo dos objetos e eventos é, evidentemente, um discurso cujo conteúdo se identifica mais diretamente com o C.F. De modo similar, um discurso sobre o mundo das teorias e modelos está vinculado ao C.T-C. Em uma ciência natural como a Física, o fim último de todo C.T-C. é o de modificar, estender e sofisticar o C.F.¹

Considerações finais

A exigüidade de espaço nos impede de apresentar aqui o estatuto dos conhecimentos epistemológico e pragmático e suas inter-relações com os dois tipos de conhecimento discutidos nas seções anteriores. Podemos, todavia, traçar brevemente algumas de suas características, de modo a dar sentido ao exemplo que será apresentado nessas considerações finais sobre o uso do referencial esquematizado no diagrama I para o processo de concepção e avaliação de uma sequência de ensino.

A tarefa de descrever sucintamente o conhecimento epistemológico (C.E.) é relativamente mais simples do que aquela envolvida na descrição do conhecimento pragmático (C.P.). Isso se deve ao fato de que a caracterização do C.E. foi objeto de trabalhos que tinham como meta a sofisticação do C.E. dos estudantes (SOLOMON, et. all, 1994; MEYLING, 1997; LEACH e RYDER, 2003) ou que lidaram com o problema de se incluir a *Natureza das Ciências* como tema dos currículos de ciências ou como aspecto a se considerar no planejamento do ensino (LEACH e

¹ Contudo, é plenamente possível a um físico vivenciar toda uma carreira focada no C.T-C. e muito eventualmente buscar ancorar seu discurso no C.F.

LEWS, 2002; DUSCHL, 2001; OSBORNE, 2003). Em linhas gerais, vinculamos o C.E. à discussão de duas questões: como sabemos o que sabemos e por que acreditamos no ponto de vista das ciências. Como sugere o diagrama I, o C.E. emerge de reflexões que têm como objeto as relações entre o C.T.C e o C.F. e que podem revelar os padrões de raciocínio utilizados nos modelos causais oriundos das ciências, assim como as crenças ontológicas que compõem o modo científico de explicar os fenômenos naturais.

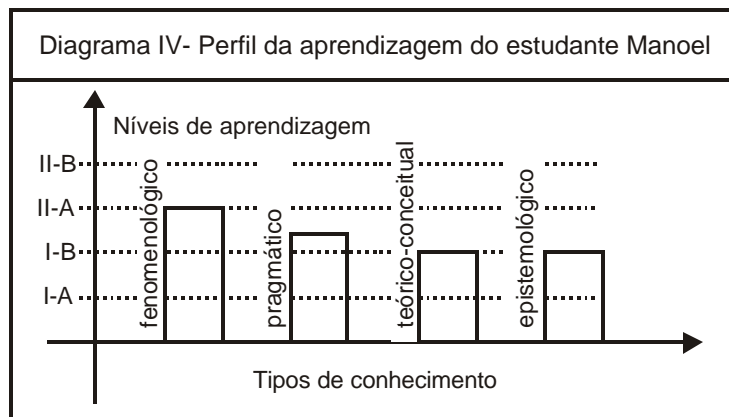
Um esforço um tanto maior é necessário para caracterizar aquilo que denominamos como conhecimento pragmático (C.P.). Isso se deve à possibilidade de vinculação do adjetivo pragmático a campos vastos e complexos tais como o pragmatismo filosófico ou metodológico oriundo das idéias de Charles Pierce (ABBAGNANO, 2003), ou como a pragmática seja ela entendida como uma parte da lingüística ou como uma maneira de compreender os fenômenos da linguagem (CHARAUDEAU e MAINGUENEAU, 2004). O uso que fazemos do adjetivo pragmático é, todavia, menos específico e está vinculado a dois núcleos distintos, ainda que relacionados. De um lado, usamos o adjetivo “pragmático” junto ao substantivo “conhecimento” para designar a idéia de “conhecimento que permite a ação e a intervenção em contextos específicos”. Além disso, usamos esse termo para denominar um tipo de conhecimento declarativo que tem como objeto as implicações e usos práticos dos conhecimentos teórico-conceitual, fenomenológico e epistemológico. Esse conhecimento declarativo inclui alguma compreensão das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Inclui ainda alguma compreensão sobre a função social do conhecimento científico escolar e indica a possibilidade dele vir a ser utilizado para além dos muros da escola.

Os quatro tipos de conhecimento apresentados no diagrama I foram utilizados no planejamento de uma seqüência de ensino sobre “A Física Quântica e os Dispositivos Semicondutores” utilizada no segundo semestre de 2007, em uma escola municipal de Ensino Médio, na cidade Contagem em Minas Gerais. Um dos instrumentos usados no processo de avaliação da aprendizagem foi uma prova individual aplicada ao final da seqüência. Essa prova foi estruturada a partir da diferenciação e integração entre os tipos de conhecimento mencionados nos diagramas I e IV (a seguir).

Duas questões incluídas nessa prova foram reproduzidas abaixo, a título de exemplo. Ambas foram associadas ao conhecimento pragmático e dizem respeito a discussões e atividades realizadas ao longo da seqüência. Questões associados aos outros tipos de conhecimento mencionados no diagrama I não serão exemplificadas, devido à falta de espaço. A primeira questão reproduzida a seguir avalia a capacidade do estudante em resgatar de sua memória alguma aplicação prática de um dos dispositivos semicondutores estudados na seqüência: o LDR. A segunda envolve um conhecimento mais sofisticado, pois sinaliza a necessidade de se utilizar uma informação (a maior eficiência energética dos LEDs em relação às lâmpadas convencionais) para discorrer sobre múltiplos aspectos (econômicos, culturais, sociais e ambientais).

- LDR é uma sigla, em inglês, que identifica um Resistor Dependente de Luz. Existe alguma finalidade prática para o uso das características do LDR? Explique.
- Considerando as diferenças existentes entre a eficiência energética de um LED branco e de uma lâmpada convencional, que impactos econômicos, culturais, sociais e ambientais podem vir a ocorrer caso toda a iluminação necessária às atividades humanas passe a ser realizada por LEDs?

A distinção entre questões mais ou menos complexas foi utilizada para concepção de questões distribuídas em dois patamares tal como indicado no diagrama IV a seguir. Ao todo a prova aplicada ao final da sequência continha oito questões, duas para cada tipo de conhecimento mencionado nos diagramas I e IV. Dois níveis A e B foram usados para distinguir os estudantes que demonstraram facilidade ou dificuldade em responder cada questão. Como resultado, o rendimento de cada aluno na prova gerou uma espécie de perfil, registrado em um histograma, tal como aquele reproduzido no diagrama IV.



Outra forma de caracterizar o conhecimento científico escolar diferente da que é apresentada neste artigo foi disseminada nos últimos anos a partir dos PCN e distingue conhecimento factual, conceitual, procedimental e atitudinal. Deixaremos para um trabalho posterior a tarefa de comparar o referencial que apresentamos neste artigo com esse outro modo de caracterizar o conhecimento escolar. As relações entre conhecimento tácito, procedimental e declarativo vinculadas à idéia de “conhecimento que permite a ação e a intervenção em contextos específicos” também merecem uma atenção especial e serão objeto de um trabalho posterior.

Referências bibliográficas

- ABBAGNANO, N. Dicionário de Filosofia. São Paulo. Martins Fontes. 2003.
- ARTIGUE M. Ingénierie didactique, Recherche en didactique des mathématiques, 9(3), 281-308, 1988.
- BACHELARD, G. A filosofia do não: Filosofia do novo espírito científico. Trad. José J.M. Ramos. Lisboa, Editorial Presença, 1991.
- BACHELARD, G. Epistemologia- Zahar Editores, Rio de Janeiro, R.J.;1993.
- BACHELARD, G. A formação do espírito científico – Contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Trad. Estela S. Abreu. Contraponto, Rio de Janeiro, 1996.
- BOHM, D.; PEAT, F. D. Ciência, Ordem e Criatividade – Trad. Jorge da Silva Branco. Lisboa, Editora Gradiva; 1989.
- BUTY, C., TIBERGHEN, A., Le MARÉCHAL, J. F. Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences. International Journal of Science Education, 26, 579-604, 2004.

- BRONCKART, J. P. Atividade de Linguagem, Discurso e Desenvolvimento Humano. Campinas. São Paulo. Mercado das Letras. 2006.
- CHARAUDEAU, P. e MAINGUENEAU, D. Dicionário de Análise do Discurso. São Paulo, Editora Contexto, 2004.
- D'AMORE, B. Epistemologia e Didática da Matemática. Tradução de Maria Cristina Bonomi Baruli. São Paulo, Escrituras Editora, 2005.
- DUSCHL, R. A. – Making the nature of science explicit – In: MILLAR, R., LEACH, J., OSBORNE, J. Improving science education: the contribution of research. Buckingham: Open University Press; 2001.
- KUHN, T. S. – A Tensão Essencial – Edições 70, Lisboa, Portugal, 1977.
- KUHN, T. S. – A Estrutura das Revoluções Científicas– São Paulo, Editora Perspectiva. 5ª edição, 1998. Original publicado em 1962.
- LAKATOS, I. – O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica, In: Lakatos, I.; Musgrave, A. (Orgs) A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento. São Paulo: Cultrix, Editora da Universidade de São Paulo, p. 109-243; 1979.
- LATOUR, B.; WOOLGAR, S. – A vida de Laboratório: A produção dos Fatos Científicos. Dumará Distribuidora de Publicações Ltda, Rio de Janeiro, R.J.; 1997.
- LATOUR, B. – Ciência em Ação – São Paulo, Editora Unesp, 2000.
- LEACH, J. e LEWS J. – The Role of Student's Epistemological Knowledge in the Process of Conceptual Change in Science – In: LIMON, M.; MASON, L. (Eds), Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice, 201-216- Kluwer Academic Publishers. Netherlands; 2002.
- LEACH, J.; RYDER, J. Designing and Evaluating Short Teaching Interventions About the Epistemology of Science in High School Classrooms . Wiley Periodicals, Inc. Sci Ed 87:831-848, 2003.
- LINJSE, P. Developmental Research as a way to an empirically based didactical structure of science, Science Education, 79, 189-199, 1995.
- MEYLING, H. How to Change Students' Conceptions of the Epistemology of Science. In: Science Education, 6:397-414; 1997.
- MORTIMER, E. F. e Scott, P. H. Atividades discursivas nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. Investigações em Ensino de Ciências v.3 (3). 2002. Publicação eletrônica. <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.
- MORTIMER, E.F. and SCOTT, P.H. Meaning making in secondary science classrooms. Maidenhead: Open University Press, 2003.
- OSBORNE, J. F. What "Ideas-about-Science" Should Be Taught in School Science?: A Delphi Study of the Expert Community. In: Journal of Research in Science Teaching, Vol.40, nº 7, pp.692-720; 2003.
- PAULA, H. F. Dicionário Crítico da Educação: Experimentos e Experiências. Presença Pedagógica, Editora Dimensão, v. 10, n. 60, p. 74-76, 2004b.

PAULA, H. F. e ALVES, E. G. Uma seqüência de ensino sobre a física quântica, os dispositivos semicondutores e a estrutura da matéria. Artigo submetido ao periódico *Investigações em Ensino de Ciências*, em outubro de 2007.

POPPER, K. R. - Conhecimento objetivo. Trad. Milton Amado. EDUSP/ITATIAIA, São Paulo, 1975.

SILVA, A. C. T. e MORTIMER, E. F. Caracterizando estratégias enunciativas de uma aula de química: Uma análise sobre os gêneros do discurso – Parte 1: Dados Gerais. In: Mortimer, E. F.; e Aguiar, O. G. (orgs). ABRAPEC. Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, 2007.

SILVA, A. C. T. e MORTIMER, E. F. Caracterizando estratégias enunciativas de uma aula de química: Uma análise sobre os gêneros do discurso – Parte 2: Micro Análise. In: Mortimer, E. F.; e Aguiar, O. G. (orgs). ABRAPEC. Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, 2007.

SILVA, J. A.; PINTO, A. C. e LEITE, C. PEC: Projeto Escola e Cidadania. Editora do Brasil, São Paulo, 2000.

SOLOMON, J.; DUVEEN, J.; SCOTT, L. Pupils' Images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, Vol. 16 (3), 361-73, 1994.

TIBERGHIE A. Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, vol. 4 pp. 71-87. 1994

VYGOTSKY, L.S. - A Formação Social da Mente, Trad. José Cipolla Neto. São Paulo, Martins Fontes, 4^a ed. (original parcialmente publicado em 1960 na URSS); 1991.

VYGOTSKY, L.S. - Pensamento e Linguagem, Trad. Jefferson Luiz Camargo. São Paulo, Martins Fontes, 2^a tiragem da 2^a ed. (original publicado em 1934); 1999.