

Ensino da Física: tendências e desafios na prática docente

CLECI WERNER DA ROSA
ÁLVARO BECKER DA ROSA
Universidade de Passo Fundo, Brasil

Introdução

Discutir o ensino da Física na educação básica (ensino médio), na perspectiva da práxis pedagógica do professor de Física, requer a princípio uma reflexão sobre os propósitos a que a educação se propõe. Desde as sociedades antigas até as contemporâneas, a educação como processo de mediação sistematizado, recebe a denominação de educação escolar, apoiando suas bases em ações intencionais. Os conteúdos escolares decorrentes dos conhecimentos historicamente acumulados pela humanidade passam a ser um dos elementos integrantes desta ação intencional, mas não único, encontrando no ato didático-pedagógico um importante aliado.

Rays (2000) mostra que “a ação pedagógica escolarizada, quando consciente, não poderá, pois, distanciar-se da intenção política do tipo de ser humano que a educação pretende promover, para que não incorra na arbitrariedade pedagógica e política do ato educativo” (p.14). Continua o autor enfatizando que a dimensão política da ação educativa esta presente mesmo antes do professor proferir sua aula, pois se apresenta desde o momento do planejamento, na elaboração dos objetivos, na seleção dos conteúdos, na escola metodológica e nos processos de avaliação. Desta forma, não há como dissociar a ação pedagógica da intencionalidade, uma vez que ela está presente em cada etapa deste processo pedagógico.

Vários pesquisadores da educação têm dedicado seus trabalhos a investigar a ação educativa, mostrando que as intenções da prática educativa são abrangentes e que avançam além do processo de transmissão dos conteúdos. A dimensão social do ato de ensinar tem merecido destaque em várias pesquisas desenvolvidas nestes últimos séculos, apontando para a necessidade de que os profissionais da educação (professores e pesquisadores) tenham conhecimento desse processo para não correr o risco de fazê-lo de forma inconsciente. A inclusão no planejamento das atividades docentes ou mesmo das pesquisas educacionais, de questões relacionadas às dimensões sociais, as diferentes formas de agir e pensar perante as necessidades emergenciais da sociedade moderna, passa a ser obrigatório, já que falar em educação é falar em sociedade. A própria Constituição Brasileira enfatiza esta indissolubilidade ao mencionar que a educação é responsabilidade da família, da escola e da sociedade, evidenciando o tripé que sustenta o processo de formação dos indivíduos.

Mesmo havendo um consenso na relação biunívoca entre educação e sociedade, tal como se apresenta no mundo contemporâneo, os especialistas da educação têm apresentado divergências em seus

trabalhos por considerarem as bases epistemológicas, sociológicas e filosóficas do processo educacional sob diferentes enfoques. Tal situação passa a ser mais evidente quando o assunto gira em torno dos propósitos a que o ensino escolar se propõe. A expressão *ensinar para quê?* Assume o carro chefe das discussões, evidenciando que, mesmo perante as inúmeras pesquisas e avanços nas chamadas ciências da educação, a questão continua em aberto.

O processo, por mais complexo que possa parecer, é sempre mediado por instrumentos e métodos que associam o ato de ensinar ao de aprender, que, em regra geral, não são decorrências espontâneas, mas sim favorecidos no ambiente escolar. A ação pedagógica requer acima de tudo profissionais comprometidos com o que Saviani (1996) considera saberes que todo educador deve dominar: o *saber atitudinal*, relacionado ao domínio da disciplina, pontualidade, organização, entre outros; o *saber crítico-contextual*, referente ao retrato sociocultural da sociedade na qual a tarefa educativa se insere; o *saber didático-curricular*, associado ao domínio das formas de organização e realização da atividade educativa; e os *saberes específicos e pedagógicos*, referentes aos conhecimentos específicos que integram cada disciplina curricular e as teorias educacionais relacionadas ao processo ensino-aprendizagem.

A percepção crítica das diferentes realidades que estão associadas ao ato de ensinar torna-se fundamental para que o educador, consciente de suas responsabilidades e de sua importância no processo, planeje sua ação pedagógica. A ele cabe associar os princípios da educação, enquanto processo fundamental do cultivo da racionalidade através do desenvolvimento do pensamento, ao corpo de conhecimentos específico que compõe cada disciplina escolar. O professor, enquanto centro deste processo, deve tomar consciência dos implicativos e procedimentos que envolvem tanto a organização da sociedade em si, como do próprio sistema educacional.

Ensinar para quê?

Esta pergunta nos aponta para um grande desafio, principalmente neste novo milênio. Jacques Delors, presidente da Comissão Internacional sobre a Educação para o século XXI, defende que a educação tem por função essencial o desenvolvimento contínuo dos indivíduos e das sociedades, como um dos meios mais importantes e que as políticas educativas são uma estrutura privilegiada de pessoas, de relações entre os indivíduos e entre os grupos e nações.

Historicamente, temos consolidado o processo educativo na perspectiva do que Engels no século XIX já criticava, mostrando que a transmissão do conhecimento na escola caminhava na perspectiva de técnicas de produção, restringindo o aprendizado à reprodução destas técnicas. Para Engels, tal situação estaria provocando a alienação destes indivíduos, que, por não entrarem em contato com o conhecimento na forma de produção deste conhecimento, apresentavam pouca ou nenhuma chance de participar do seletivo grupo que elabora tal conhecimento, limitam-se a serem apenas reprodutores de técnicas.

Adorno, em 1967, chama a atenção para os fins a que a educação se propõe, mostrando que a educação não deve ser associada à modelagem de pessoas, nem mesmo reduzir-se à mera transmissão de conteúdos. É preciso que ela atue no sentido da emancipação dos indivíduos, através da formação de uma consciência verdadeira. Para o autor a possibilidade de emancipação dos indivíduos dá-se pela educação, através do conhecimento, mas ao mesmo tempo aponta dois grandes obstáculos: a pressão

feita pela sociedade contemporânea que acaba induzindo um obscuramento no desenvolvimento da conscientização dos indivíduos ante os acontecimentos sociais e políticos; e a necessidade que os jovens têm de se adaptarem ao mundo, sob o risco de serem excluídos dos grupos sociais. O grande questionamento para Adorno não está na questão de que a educação seria necessária, mas para onde a educação deve conduzir. (Adorno, 2003).

Ainda sob o ponto de vista da Teoria Crítica, da qual Adorno é representante, o poder da educação escolarizada na sociedade moderna se apresenta como forma de submissão dos indivíduos a padrões culturais reduzidos a “bens de consumo” (comportamento, hábitos, costumes...), formando sujeitos dependentes, com personalidades fragilizadas e susceptíveis de “modismos”. O desafio, no entender dos frankfurtianos (Escola de Frankfurt, berço da Teoria Crítica), é a conscientização por parte de todos, mas, principalmente, dos educadores do poder dominador e destruidor do conhecimento. A práxis educacional deve estar vinculada à formação humana, social e científica dos sujeitos de modo que estes possam “equipar-se para se orientar no mundo” sem, entretanto, perder suas qualidades pessoais, mas, sim, vinculando-as às questões sociais. (Adorno, 2003).

A crença de que a educação escolar é o mecanismo pelo qual os indivíduos promovem sua liberdade, caminho na busca da emancipação, aponta uma dicotomia. De um lado há os que acreditam na emancipação como aquela vinculada à liberdade, livre de ideologias, permitindo posicionamentos críticos e sujeitos esclarecidos; de outro lado, há os que fundamentam o poder emancipatório dos indivíduos, nas bases do poder do conhecimento, vinculando a liberdade do sujeito ao domínio desse conhecimento, seja ele estritamente especializado ou, em termos mais contemporâneos, globalizado. O primeiro já foi mencionado nos parágrafos anteriores e apresenta forte contribuição da Teoria Crítica. O segundo aspecto vincula-se aos princípios neoliberais da sociedade capitalista moderna.

Os autores que defendem a liberdade como decorrente do conhecimento, do papel que este conhecimento representa no desenvolvimento das nações, principalmente perante os avanços científicos e tecnológicos, apontam para a necessidade de que o processo de ensino escolarizado sofra mudanças e rompa com os modelos tradicionais de ensino. Neste novo milênio é necessário, no entender destes pesquisadores, que a escola assuma o papel de formadora de um profissional competente e habilitado e que esteja preparado para ser “absorvido” o mais rápido possível pelo mercado de trabalho. No Brasil, as Diretrizes Educacionais, assim como os Parâmetros Curriculares Nacionais, são evidências claras e concretas desta nova visão sobre os fins a que nossa educação escolarizada se propõe. Na mídia, freqüentemente, deparamo-nos com *slogans*, associando a aprovação no vestibular como indicativo classificatório das instituições de ensino. As escolas que mais aprovam nos concursos vestibulares são classificadas como as melhores instituições de ensino. Entretanto, sabemos que a situação não é bem assim, o vestibular é um parâmetro apenas relacionado ao domínio momentâneo do conhecimento, sem que isto implique em aprendizado significativo dos conceitos, além de que ele não avalia todo o processo de formação humana, social e ética dos indivíduos.

Entretanto, não podemos desprezar em sua totalidade a posição destes teóricos que defendem arduamente o domínio do conhecimento como condição *sine qua non* para a emancipação dos indivíduos (aqui o sentido de emancipação difere do sentido atribuído pelos frankfurtianos), já que a ruptura que eles defendem para o processo ensino-aprendizagem neste novo século tem sua validade, principalmente, se considerarmos o ensino da Física na escola de ensino médio sempre tão preso e arraigado aos algoritmos

matemáticos, com “decobras” de fórmulas e conceitos, pouco relacionados à realidade do educando. A defesa é por um ensino mais voltado para a aprendizagem da busca da informação do conhecimento por parte do aluno, para que ele descubra por si próprio, ou pelo menos para que não haja necessidade de que se decore listas intermináveis de nomes e datas que em nada contribuirão para a formação destes indivíduos.

Carlos Seabra (1994), em palestra proferida no Congresso do Educador-94, sintetiza essa visão funcional do ensino, mencionando que a sociedade globalizada aponta para mudanças significativas na escola básica, não havendo mais espaços para que se priorize a simples absorção das informações, já que o volume de conhecimento aumenta assustadoramente neste novo século, sendo impossível que os jovens memorizem tão expressivo volume de conhecimentos. Para ele, ao invés de tentar se apropriar dessa gama imensa de conteúdos é necessário que se aprenda a navegar por ela, mostrando, também, que a interdisciplinaridade contribui para a interação entre os conhecimentos das diferentes áreas, permitindo ao estudante interagir com as informações que antes eram esparsas e, assim, construir seu próprio conhecimento. O autor destaca que ao profissional do futuro (e o futuro já começou) cabe a tarefa de aprender, mencionando que executar tarefas repetitivas caberá aos computadores e robôs, ao homem compete ser criativo, imaginativo e inovador. Finaliza Seabra, devemos repensar o *gap* que existe entre a escola e a empresa, assim como entre os ricos e miseráveis, entre a produção e a felicidade, como desafio na construção de uma sociedade humanista e democrática. Nesse processo, a educação tem papel determinante, como aponta Adam Schaff (apud Seabra), “a educação contínua há de ser um dos métodos (talvez o principal) capazes de garantir ocupações criativas às pessoas estruturalmente desempregadas”.

Perante essa complexa questão do *ensinar para quê*, um novo aspecto merece ser considerado na discussão e de certo modo poderá encontrar pontos em comum com as posições dicotômicas mencionadas nos parágrafos anteriores: *ensinar a pensar*. Sem querer recuperar a polêmica instaurada através do resgate das vertentes mencionadas, podemos amenizar tais discursos se considerarmos que os fins em que a educação escolar pode e deve estar centrada é vinculada à construção de mecanismos que favoreçam ao estudante experimentar e desenvolver o pensamento. Este pode ser considerado como elemento fundamental para a emancipação dos indivíduos e um dos propósitos a que o processo ensino-aprendizagem deve dar prioridade, buscando uma forma verdadeira e correta de pensar.

Objetivos do ensino da Física na escola básica (ensino médio)

Andrée Tiberghien identifica no sistema educacional francês a problemática do ensino da Física semelhante ao encontrado no sistema brasileiro. O estudo do pesquisador francês está relacionado aos propósitos a que o ensino da Física se destina na educação básica, especificamente no ciclo final dessa etapa, o que em nosso sistema pode ser identificado como ensino médio. Para ele, um dos maiores problemas do ensino obrigatório é o reconhecimento dos objetivos gerais e específicos do ensino da Física que permitam responder às diferentes finalidades do processo de formação dos indivíduos, tanto no que diz respeito ao social, ao cultural e ao profissional (neste sentido, a escolha do curso superior). Sob esta diversidade de propósitos a que o ensino médio está vinculado, surgem questões como: se existem objetivos gerais comuns que possam responder a essas diferentes finalidades; se o saber científico e as práticas de pesquisa em Física são suficientes para servir de referência ao ensino, respondendo a esses

objetivos gerais; quais os autores que podem servir de referência. Em outras palavras, como podemos construir um *dur* do ensino, que comporte tais elementos considerados necessários e úteis para o educando, sejam quais forem as suas opções posteriores.

Tiberghien mostra que, diferentemente do que ocorre em matemática, na Física a existência de um núcleo comum é pouco reconhecida socialmente. Em matemática, esse núcleo sofre certas oposições quanto ao seu conteúdo, mas quanto à possibilidade de sua existência há consenso social. O caso da Física é diferente, já que seu ensino na escola básica é recente. Este talvez seja argumento suficiente para justificar a falta de consenso social sobre quais elementos possam servir de referência no momento de compor o ensino dessa disciplina na escola básica.

A situação aponta para a necessidade de explicar as finalidades do ensino da Física na educação básica, particularmente no ensino médio, já que a seleção dos conteúdos, a metodologia utilizada, o enfoque abordado, entre outros elementos que constituem a ação pedagógica do professor, estão apoiados nessas finalidades e objetivos que são estabelecidos para este nível de ensino. Mais quais seriam esses objetivos? Tiberghien ao tentar responder essa pergunta mencionou algumas questões que podem guiar nossa análise. Para ele: a) O objetivo estaria vinculado ao ensino da disciplina como forma de domínio dos seus conceitos e fenômenos, proporcionando a formação de especialistas em Física, a chamada lógica interna da disciplina; b) A Física seria ensinada como um instrumento para outros fins dados explicitamente; por exemplo: formar cidadãos esclarecidos, conscientes, etc...; c) Ou ainda, ensinar Física teria por objetivo obter êxito nos exames vestibulares, que são concebidos por criação interna do sistema.

O autor acrescenta que uma análise mais específica das finalidades propostas nos programas atuais de Física nas escolas evidencia a lógica descrita acima, pois no quadro dos objetivos gerais da educação, o ensino da Física nas escolas é construído para responder às exigências como: a) Constituir a formação comum que os estudantes recebem como forma de cultura geral, de apropriação de conhecimentos, de desenvolvimento de qualidades associadas à observação, à análise, à imaginação e à habilidade manual; b) Embasamento para aqueles que desejam se orientar na direção da aquisição de uma qualificação profissional determinada, permitindo que, no momento oportuno, tais estudantes apresentem uma bagagem científica indispensável para a pretensão dos estudos específicos.

O diagnóstico aponta para uma preocupante situação ao constatar que a finalidade do ensino da Física na escola básica ainda parece não estar bem explicitada para os especialistas em educação. Pesquisadores da área do ensino de ciências (Física) têm evidenciado a necessidade de que tais objetivos sejam claramente apontados e definam em melhor proporção o ensino dessa disciplina.

O processo ensino-aprendizagem: a contribuição da psicologia

A psicologia, através das teorias de aprendizagem, oferece um importante viés pelo qual podemos refletir o ensino da Física, principalmente na perspectiva das dificuldades apresentadas pelos estudantes na compreensão dessa ciência. Mesmo que a referência da psicologia sejam estudos voltados para o processo de aprendizagem, através das teorias de aprendizagem, é importante destacar que a nosso ver, elas acabam influenciando outros aspectos relacionados ao ensino, como as estratégias e metodologias utilizadas no ensino, bem como influenciam os materiais instrucionais elaborados e empregados no ensino.

Assim, discutir o ensino da Física não exime da necessidade de refletir o papel que as teorias de aprendizagem vêm exercendo nessa área.

Silva (2004) menciona que o sistema educacional brasileiro na metade do século XX, estava sob forte influência do sistema americano de educação, segundo o qual as escolas estavam eram vistas como empresas, em que elas especificavam as características de seu produto e que resultados pretendiam obter, estabelecendo métodos para obtê-los de forma precisa. Nesse sentido, falava-se em priorizar resultados no sistema educacional, impregnando essa visão nos diferentes mecanismos que envolvem o processo ensino-aprendizagem, desde os materiais instrucionais como os livros-didáticos e manuais de ensino (muito freqüentes na época) até os métodos de ensino utilizados em sala de aula. O termo vigente na época, nos Estados Unidos, e conseqüentemente no Brasil, era a instrução programada, o reforço positivo, cujos enfoques dominaram o ensino nas diferentes disciplinas curriculares, inclusive no ensino da Física. A situação esteve presente no sistema educacional brasileiro nas décadas de 1960 e 1970, nos quais muitos dos professores que atuam hoje no ensino, principalmente nas universidades brasileiras, tiveram sua formação.

A teoria de aprendizagem que imperava nos sistema educacional foi proposta por Skinner, psicólogo americano, que apoiava seus pressupostos na valorização dos mecanismos que resultariam no comportamento observável dos indivíduos, não considerando o que ocorre na mente desses indivíduos. Para ele, a aprendizagem ocorre devido ao reforço, à repetição, desta forma o ensino deveria criar condições para que as respostas fossem dadas inúmeras vezes. Ao professor cabia a tarefa de proporcionar tais mecanismos de reforço, criando situações de repetição tantas vezes quantas fossem necessárias até que o aluno exibisse o comportamento desejado (Moreira, 1999). Esse enfoque foi usado de forma quase unânime no ensino da Física naquela época, pois as estratégias e metodologias utilizadas pelos professores estavam essencialmente condicionadas a criar mecanismos de respostas e a repeti-las tantas vezes quantas fossem necessárias. A presença de Skinner ainda é forte no ensino da Física, podendo ser identificada nas apostilas e livros didáticos de Física que apresentam um modelo de exercício resolvido e a seguir uma lista interminável de outros, favorecendo a aprendizagem por repetição, por reforço.

Entretanto, o método skinneriano de ensino e de aprendizagem, acabou sendo questionado ainda na década dos 70, permitindo que novas teorias de aprendizagem fossem pesquisadas e vinculadas ao ensino da Física, principalmente no final dessa década e início dos anos 80. Os principais fundamentos para esses estudos direcionaram-se para a valorização dos processos mentais, relacionando-se a construção do conhecimento às denominadas teorias de aprendizagem construtivistas. No ensino da Física, começam a aparecer trabalhos vinculados às teorias de Jean Piaget, David Ausubel e Lev Vygotsky, entre outros, como forma de propor alternativas para o processo ensino-aprendizagem. Esse novo enfoque no campo da psicologia permanece presente ainda hoje, sofrendo pequenas variações, mas sempre tendo como referência o processo de construção do conhecimento. A aprendizagem, dentro desse enfoque, centra-se no educando, na sua capacidade de ler e interpretar o mundo, ultrapassando a ênfase dada pelos behavioristas, como Skinner, segundo o qual a importância estaria na capacidade do aluno para dar respostas. Entretanto, essa alternativa apresentada pelos pesquisadores, trouxe várias interpretações de acordo com o teórico considerado, apontando elementos diferentes para o processo ensino-aprendizagem da Física. Neste sentido, os autores passaram a ser estudados e associados ao ensino desta ciência, sob diferentes enfoques, tendo sempre como elemento central a capacidade do aluno de aprender a aprender, de construir seu próprio conhecimento.

As contribuições de Jean Piaget ao ensino ocorreram de diferentes formas, dentre as quais é necessário destacar a influência de seu pensamento na elaboração e organização curricular do sistema educacional brasileiro, cujo referencial passou a ser os períodos de desenvolvimento mental. A presença dos estudos piagetianos na estrutura do ensino brasileiro, remeteu o ensino da Física às séries mais avançadas, pois, de acordo com Piaget, essa ciência necessitava do pensamento formal, etapa presente nos estudantes a partir dos doze anos de idade, aproximadamente. Assim, a Física passou a integrar os currículos na etapa final do ensino fundamental, pois na perspectiva de vários pesquisadores apoiados nos trabalhos de Piaget, antes seria difícil que o aluno estivesse em condições de construir e elaborar os conceitos relacionados à Física. Fortemente imbuídas desse pensamento piagetiano, Kamii e Devries (1985), apontam a inviabilidade de ensinar conceitos científicos de Física na etapa inicial de escolarização, pois a criança nessa idade, não estaria em condição de compreender tais conhecimentos, pelo menos não da mesma maneira que o adulto, cujo pensamento formal já estaria desenvolvido. Nas palavras das autoras: "...a educação científica basicamente descarrega sobre as crianças o conteúdo organizado do adulto" (p. 21).

Outras teorias de aprendizagem aparecem neste período, sempre buscando favorecer o processo de aprendizagem dos estudantes, direcionando o foco de suas pesquisas para os processos que permitam aos estudantes se apropriarem do conhecimento. Ausubel e Novak são outros autores que merecem ser destacados nessa retrospectiva histórica, pois representam importantes referenciais para o processo ensino-aprendizagem da Física. Os fundamentos das teorias propostos pelos autores, principalmente por Ausubel, apresentavam a associação da aprendizagem ao significado de organização e integração do material na estrutura cognitiva do aprendiz. Para Ausubel, o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe, cabendo ao professor identificá-lo e ensinar de acordo (MOREIRA, 1999). O conceito central desta teoria é a aprendizagem significativa, conforme menciona Moreira: trata-se de "um processo por meio do qual as novas informações relacionam-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo", (1999, p. 153). No ensino da Física, Ausubel é citado como referência, já que muitos dos exemplos expostos pelo autor nas suas obras estavam frequentemente vinculados ao processo de aprendizagem dos conteúdos da Física. Essa identificação de Ausubel com a aprendizagem dos conceitos e fenômenos da Física, levou vários pesquisadores desta área de ensino a considerarem a teoria ausubeliana nos seus estudos. Moreira, por exemplo, apoiou suas pesquisas na aprendizagem significativa, idéia decorrente da teoria ausubeliana, possibilitando uma importante reflexão no ensino da Física no Brasil nos últimos anos. O pesquisador através de seus estudos e publicações delineou uma nova perspectiva para o ensino da Física, tendo como referência a aprendizagem significativa, segundo a qual há necessidade de se considerar a existência de informações na estrutura cognitiva do aprendiz para que as novas informações sejam apoiadas nessas estruturas.

Moreira (1999) ilustra a situação mencionando que os conceitos de campo e força, por exemplo, já existem na estrutura cognitiva do aluno, e que deverão servir de âncora (subsunçores) para as discussões sobre os conceitos de força e campo nas suas diferentes variações. Estas informações que já existem pode ser uma simples idéia mesmo intuitiva, lembra Moreira, porém, na medida em que os novos conceitos forem sendo aprendidos de maneira significativa, resultará num crescimento e na elaboração dos conceitos subsunçores iniciais, isto é, "os conceitos de força e campo ficariam mais elaborados, mais inclusivos e mais capazes de servir de subsunçores para as novas informações relativas a força e campo, ou correlatos" (1999, p. 154).

Recentemente os trabalhos de Vygotsky chegaram ao Brasil e passaram a influenciar estudos na área do ensino da Física. Os princípios que fundamentam a teoria de Vygotsky estão associados à influência do social no processo de aprendizagem, diferenciando-se de outros construtivistas, como Piaget, por acrescentar o contexto social e cultural no qual o aprendiz está inserido, como fator determinante na sua aprendizagem, principalmente quando relacionado à aprendizagem escolar. Um dos pilares que sustenta a teoria vygotskyana e que influencia a opção por sua adoção nos estudos relacionados ao ensino da Física é a asserção de que os processos mentais superiores do indivíduo têm origem em processos sociais (Moreira, 1999). Como decorrência desta visão, o processo de formação de conceitos (fundamental para a aprendizagem escolar) sofre influência direta do meio social e cultural no qual o indivíduo está inserido. Neste sentido, os conhecimentos prévios que os alunos trazem para a escola são elementos primordiais para a discussão e posterior apropriação pelos educandos dos conhecimentos científicos (próprios do ambiente escolar).

Faz-se necessário acrescentar que a teoria de Vygotsky mostra uma aproximação com as teorias críticas de educação, apresentando suas raízes no marxismo. Considerando o novo dimensionamento que vem sendo dado ao ensino nestes últimos anos, o qual aponta para a necessidade de que o conhecimento desenvolvido em ambiente escolar avance mais no sentido de proporcionar uma formação crítica e humana dos indivíduos. Vygotsky, desta forma, passou a ser mencionado com frequência nas pesquisas relacionadas à educação, de um modo geral, e ao ensino da Física, de um modo particular.

O processo ensino-aprendizagem: a dimensão epistemológica

Do ponto de vista da construção do conhecimento científico, a história da ciência tem mostrado que o ensino da Física sofre mudanças significativas no seu percurso, dependendo das bases nas quais os pesquisadores buscam seus fundamentos. A reflexão sobre o processo de produção das teorias na Ciência requer, primeiramente, discutir o que se entende por *Ciência*. De acordo com Aurélio Ferreira (1988), ciência é conhecimento; conjunto organizado de conhecimentos relativos a um determinado objeto, especialmente os obtidos mediante a observação, experiência dos fatos e um método próprio; soma dos conhecimentos humanos considerados em conjunto. Na perspectiva de Ernest Cassirer, ciência é criação humana, aspecto da humanidade do homem. Entretanto, não se trata de definir ciência, mas de compreender sua constituição e sua operacionalização. Nessa perspectiva, discute-se o processo de produção do conhecimento científico de modo a evidenciá-lo como uma atividade humana historicamente contextualizada e que se faz presente no processo ensino-aprendizagem.

Ao longo da história, percebem-se correntes de pensamento diferentes, concorrendo na busca por validar esse conhecimento científico, entre as quais duas têm se destacado: o empirismo e o racionalismo. Tais correntes filosóficas têm liderado o *rol* de ensaios produzidos nos últimos anos no que concerne ao ensino da Física. Alguns pesquisadores têm procurado fundamentar seus trabalhos em pressupostos relacionados à produção do conhecimento, justificando que as estratégias de ensino, a metodologia utilizada na ação pedagógica, identifica-se com questões epistemológicas associadas às concepções que o professor tem da Ciência. Assim, ensinar Ciência (Física) a partir dos pressupostos da construção ou reconstrução dos conhecimentos científicos é reconhecer a importância da história da Ciência na evolução do pensamento humano.

O empirismo, enquanto concepção epistemológica, pressupõe que a origem do conhecimento é uma experiência sensível (Severino, 2000). Ele está fortemente ligado aos trabalhos de Francis Bacon no século XVI e XVII, que considerava a observação e os sentidos as únicas fontes efetivas do conhecimento, caracterizando-se por fundar todo conhecimento sobre os dados sensoriais. Preconizava o método indutivo segundo o qual se parte da observação de uma situação particular para, posteriormente, generaliza-lo, tendo a idéia principal girando em torno da neutralidade dessa observação. Segundo essa corrente de pensamento, a Física não tem *status* de certeza absoluta, como afirma Japiassú (1981): “O espírito só pode estabelecer entre coisas, relações prováveis, vale dizer, relações susceptíveis de serem confirmadas por uma observação repetida, sem que tenhamos a certeza de que sejam universais e necessárias” (p. 8). Assim, é necessário que sejam realizadas várias observações sobre um mesmo fenômeno, pois a regularidade na repetição é indicativa da existência de uma propriedade geral que poderá levar à formulação de uma teoria.

A segunda corrente filosófica, o racionalismo, preconiza a razão como sendo a fonte de validade do conhecimento. Segundo Japiassú (1981), “o mundo obedece a leis simples, redutíveis às matemáticas e, portanto, cognoscíveis apenas como raciocínios lógicos” (p. 8). Descartes foi o responsável pela difusão dessa idéia no século XVI e XVII, sendo conhecido pelas famosas afirmações: “Jamais devemos admitir alguma coisa como verdadeira a não ser que a conheçamos evidentemente como tal” e “Penso, logo existo”. Ele tinha como meta a busca de uma verdade primeira que não pudesse ser posta em dúvida, considerando que o único modo de se construir Ciência e também sabedoria de vida era seguindo a razão, tal qual pode ser visto nos detalhamentos da Matemática.

Por mais que as correntes filosóficas do empirismo e do racionalismo concorram entre si, há de se considerar pontos em comum entre elas. Conforme Hokheimer e Adorno (1991), “ainda que as diferentes escolas interpretem os axiomas de diferentes maneiras, a estrutura da ciência unitária é sempre a mesma” (p. 6). Tomando-se por referência o século XX, pensadores no campo da epistemologia e da filosofia direcionaram seus estudos na tentativa de buscar uma compreensão epistemológica da produção do conhecimento segundo a perspectiva racionalista, cada um sob a sua óptica, compartilhando entre si que o conhecimento é fruto da interação não neutra entre sujeito e objeto.

A análise epistemológica realizada por distintos filósofos da ciência, tem apontado para uma nova dimensão na compreensão da Ciência, envolvendo aspectos de compreensão dos problemas do conhecimento. Neste sentido, a Física moderna exigiu uma nova visão epistemológica diferente daquelas associadas à Ciência clássica, de caráter positivista, que tem na neutralidade do sujeito um dos pressupostos básicos (Delizoicov, 2002). É necessário envolver o sujeito no percurso das observações e interpretações, como prevê a Física moderna. Dentre os principais epistemólogos do século XX, que analisam o conhecimento sob estas diferentes facetas, três nos chamam a atenção por serem particularmente importantes para o ensino da Física, sendo inclusive mencionados em diversos trabalhos relacionados ao ensino desta ciência. Thomas S. Kuhn, Karl Popper e Gaston Bachelard discutem a natureza do conhecimento humano, sob a perspectiva da interação não neutra entre sujeito e objeto e, ainda, estabelecem relações com o processo ensino-aprendizagem da Física, mesmo que cada um interprete o ato gnosiológico à sua maneira, assumindo posturas epistemológicas distintas, mas igualmente centradas na inconsistência do pressuposto da neutralidade epistemológica do sujeito.

Thomas Kuhn, físico e epistemólogo, propõe uma nova visão da Ciência, sendo precursor das idéias acerca do desenvolvimento científico. Para ele, não existia observação neutra de um fenômeno, pois toda

observação é antecedida por uma teoria. Propõe a existência de períodos de ciência normal no qual o trabalho científico se desenvolveria conforme parâmetros estabelecidos em função do contexto que o conhecimento da época permitiria, ou seja, a Ciência normal não visava fazer emergir novos fenômenos, ao contrário, ela estaria dirigida para responder àqueles fenômenos e teorias previamente estabelecidos. Em outras palavras, o período de Ciência normal é desenvolvido a partir de paradigmas. Paradigma é considerado o conceito fundamental da teoria kuhniana, cujo significado foi esclarecido por Kuhn no pós-fácio da sua obra "*Estrutura das revoluções científicas*", de 1969. Segundo Kuhn, o termo *paradigma* tem um duplo sentido: um geral e outro restrito. Geral no sentido de designar crenças, valores, técnicas partilhadas pelos membros de uma comunidade específica; restrito por referir-se às soluções de problemas como os encontrados em uma situação restrita, aqueles que normalmente os alunos encontram ao realizarem atividades sem o auxílio do professor encarando um novo problema (situações de laboratório ou provas, por exemplo) como se fosse conhecido. Tais paradigmas, sejam no sentido geral seja no restrito, são substituídos à medida que um novo paradigma seja estabelecido, proporcionando períodos de transição, o que Kuhn denominou *revolução científica*. Com isso, o autor mostrou que as teorias emergem após o fracasso de outras, evidenciando a necessidade de que a ciência seja constantemente revista, desprovendo-a, pois, da idéia de conhecimento cumulativo e linearizado.

Karl Popper, filósofo austríaco, propõe que todo conhecimento é passível de correções, sendo, assim, provisório. Para ele, uma teoria nunca é empiricamente verificável no sentido de que seja considerada correta. Considera que uma única constatação experimental pode ser suficiente para derrubar uma teoria, entretanto essa jamais pode ser estabelecida em função de observações, por maior que seja o número delas. Toda observação é antecipada por uma prévia teoria, portanto, não é neutra. Popper acreditava que todo conhecimento científico é criado, inventado, construído com objetivo de descrever, compreender e agir sobre a realidade: "Desde a ameba até Einstein, o crescimento do conhecimento é sempre o mesmo: tentamos resolver novos problemas e obter, por um processo de eliminação, algo que se aproxime da adequação em nossas soluções experimentais" (Popper, 1975, p. 239). Nesse sentido, Popper mostrou que a cada novo conhecimento existe um anterior, do qual foram extraídas questões investigativas na busca por respostas sobre a realidade.

Gaston Bachelard, cientista e filósofo francês, crítico da concepção empirista, discute o conhecimento científico com base nos conceitos de ruptura e obstáculos epistemológicos. Por ruptura ele entende a descontinuidade que ocorre entre o conhecimento comum (primeiro) e o conhecimento científico (elaborado); essa ruptura exige a superação de obstáculos epistemológicos, que, por sua vez, estão relacionados com perturbações geradas pelo conhecimento, representando uma resistência ao próprio conhecimento, são inerentes ao ato de conhecer. A opinião é considerada por Bachelard o primeiro obstáculo porque a "opinião pensa mal" e "um obstáculo epistemológico se incrusta no conhecimento não questionado" (Bachelard, 1983, p. 148). Para este autor, o progresso do conhecimento científico deve ser constantemente corrigido, não em função de experiências malsucedidas, mas como princípio fundamental que sustenta e dirige o conhecimento, sendo responsável por impulsionar os avanços e conquistas da Ciência. Os obstáculos podem, assim, ser compreendidos através de uma dupla ação: como freio e motor do progresso no desenvolvimento interno da Ciência.

Com esta retomada nos trabalhos dos epistemólogos, ressalta-se a importância para a prática pedagógica do professor, especificamente de Física, da reflexão em torno da natureza do conhecimento científico, mostrando a sintonia que deve haver entre o processo ensino-aprendizagem e as concepções

sobre a natureza do conhecimento. As pesquisas desenvolvidas nestes últimos anos relacionadas ao ensino da Física, têm apontado para a necessidade de considerar o aluno enquanto sujeito ontológico e epistêmico, como destaca Delizoicov (2002), "... a localização do aluno, relativamente aos domínios espacial, temporal e cultural, implica o fato de ele estar interagindo com um meio mais amplo do que o escolar e exige que não o consideremos, do ponto de vista da cognição, como uma 'tabula rasa' que vai interagir com objetos do conhecimento somente na perspectiva da educação escolar" (p. 186).

O processo ensino-aprendizagem: aspectos didático-metodológicos

Discutir a ação pedagógica do professor envolve necessariamente discutir aspectos didático-metodológicos do processo ensino-aprendizagem. Neste sentido, faz-se menção à didática das ciências como viés freqüentemente utilizado nas pesquisas no ensino da Física, nestes últimos anos, pois fornecem um *insight* de como se efetiva o processo de ensino-aprendizagem no âmbito da sala de aula, já na esfera do professor. Por considerar que as estratégias de ensino, assim como a metodologia utilizada na abordagem dos conteúdos, pertencem aos domínios do professor, como discute Chevallard (1991), na didática francesa, a pesquisa no ensino da Física tem direcionado seus enfoques para o uso de estratégias de ensino que facilitem a compreensão dos conceitos e fenômenos da Física. Ou seja, as metodologias freqüentemente utilizadas pelos professores no ensino, nos diferentes níveis de escolaridade, apontam na direção de contribuir para o processo ensino-aprendizagem.

Recorrendo a história das pesquisas e das investigações relacionadas ao ensino e à aprendizagem da Física, constatasse uma tendência em fundamentá-las teoricamente segundo elementos relacionados à psicologia cognitivista, principalmente no campo das teorias construtivistas, a concepção epistemológica da Ciência e a modelos didáticos baseados na relação entre os conhecimentos científicos e os conhecimentos prévios dos alunos. Porém, Astolfi e Develay (1995) relacionam a ação pedagógica do professor a questões vinculadas à sua epistemologia, que é diferente da epistemologia da Ciência, embora ligada a ela, pois estaria relacionada ao conjunto de crenças e valores que direcionam a didática do professor. A idéia desses autores oferece elementos importantes e promissores na investigação e na análise da ação pedagógica docente, principalmente no âmbito dos processos de abordagem didática dos conteúdos.

Diante da situação que é de autonomia do professor, a sua posição epistemológica sofre uma associação com questões de cunho didático, mas não com a didática geral, que na perspectiva de Nerici (1989) é entendido como conjunto de recursos destinados a direcionar a aprendizagem do educando, mas com a didática das ciências. Esta por sua vez, ocupa-se de questões mais específicas dos saberes de referência, da sua estrutura, sua epistemologia e sua história (Astolfi e Develay, 1985, p.10). Na epistemologia da prática educativa, pode ser identificado o conjunto de valores e crenças que direcionam o professor a uma visão pessoal da Ciência a ser ensinada. Nesse sentido, Joshua e Dupen (1993) mostram que o ensino da Física tem a dimensão "da Física do professor" diferente daquela do físico. Decorrendo daí as distorções que vão sendo constatadas no ensino escolar.

Bibliografia

ADORNO, Theodor W. (2003): *Educação e emancipação*. Trad. Wolfgang Leo Maar. 3.ª edição. São Paulo, Editora Paz e Terra.

- ASTOLFI, J., e DEVELAY, M. (1990): *A didática das ciências*. Campinas, Papirus.
- BACHELARD, G. (1983): *Epistemologia*: trechos escolhidos. Rio de Janeiro, Zahar.
- (1947): *La formation de l'esprit scientifique*. Paris, Vrin.
- BECKER, Fernando (1993): *A epistemologia do professor*: o cotidiano da escola. Rio de Janeiro, Vozes.
- CASSIRER, Ernest (1994): *Ensaio sobre o homem*: introdução a uma filosofia da cultura humana. São Paulo, Martins Fontes.
- CASTORINA, José Antonio, et al. (1998): *Piaget e Vigotsky*: novas contribuições para o debate. 5.ª ed. São Paulo, Ática.
- CHEVALLARD, Yves, y JOHSUA, Marie-Albrete (1991): *La transposition didactique*: du savoir savant au savoir enseigné. Paris, La Pensée Sauvage.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José A., e PERNAMBUCO, Marta M. (2002): *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo, Cortez.
- HORKHEIMER, M., e ADORNO, T. (1991): *Textos escolhidos*, 5.ª Ed. São Paulo, Nova Cultural.
- JAPIASSU, Hilton (1981): *Questões epistemológicas*. Rio de Janeiro, Imago.
- (1983): *A pedagogia da incerteza*. Rio de Janeiro, Imago.
- JOHSUA, S., e DUPIN, J. (1993): *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris, Puf.
- KAMII, Constante, e DEVRIES, Rheta (1985): *O conhecimento físico na educação pré-escolar: implicações da teoria de Jean Piaget*. Trad. de Maria Cristina Goulart. Porto Alegre, Artes Médicas.
- KUHN, Thomas S. (1990): *A estrutura das revoluções científicas*. 3.ª ed. São Paulo, Perspectiva.
- MOREIRA, M. A., e LEVANDOWSKI, C. E. (1983): *Diferentes abordagens ao ensino de laboratório*. Porto Alegre, Ed. da Universidade, UFRGS.
- MOREIRA, Marco Antonio (1983): *Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física*; a teoria de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências. Porto Alegre, Ed. da Universidade, UFRGS.
- MORIN, E. (2000): *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. 2.ª ed. São Paulo, Cortez; Brasília, Unesco.
- PIAGET, Jean (1978): *Psicologia e epistemologia* (por uma teoria do conhecimento). 2.ª ed. Rio de Janeiro, Forense Universitária.
- POPPER, K. R. (1985): *Conhecimento objetivo*. São Paulo, Edusp.
- (1975): *Lógica da pesquisa científica*. São Paulo, Edusp.
- RAYS, Osvaldo Alonso (2000): *Trabalho pedagógico: hipóteses de ação didática*. Santa Maria, Palloti.
- SCHAFF, Adam: *A sociedade Informática*. Unesp e Brasiliense.
- SEVERINO, A. J. (2000): *Filosofia*. São Paulo, Cortez.
- SHULMAN, L. S. (1986): "Those who understand: knowledge growth in teaching", in *Educational Researcher*, vol. 15, n.º 2, pp. 4-14.
- SNYDERS, G. (1978): "O marxismo poderá inspirar uma pedagogia?", in *Para onde vão as pedagogias não-directivas?* Lisboa, Moraes.
- VYGOTSKY, Lev S. (1999): *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 6.ª ed. São Paulo, Martins Fontes.
- (1999): *Pensamento e linguagem*. 2.ª ed. São Paulo, Martins Fontes.
- ; LURIA, A. R., e LEONTIEV, A. N. (1988): *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo, Ícone.