

REFLEXÕES SOBRE ENSINO DE FÍSICA E FORMAÇÃO CULTURAL

Estudos específicos que focalizem uma aproximação entre *cultura* e *educação* são pouco encontrados. Apesar da importância dessas pesquisas, só muito recentemente o interesse tem se despontado para além dos tratamentos teóricos e de dimensão mais macro. Entendemos que a questão cultural não deveria ficar à margem nas investigações sobre o ensino de física, daí, a presente reflexão como estímulo na direção e no sentido dessa temática. Apresentamos alguns pontos mais amplos sobre a questão antes de centrarmos nas *reflexões* em torno da educação científica.

Como preâmbulo: os aspectos gerais da cultura na relação com a educação.

Quando nos referimos à cultura ou às relações com a cultura, uma nuvem de significados associados a essa palavra dificulta uma desejada precisão conceitual.

Muitos dos sentidos associados à palavra cultura ao longo dos séculos ainda estão presentes nessa nuvem de significados. Assim, há o sentido de cultivar (do latim *colere*) que indicava tanto o cultivo dos campos como o cultivo do espírito; a idéia de “cultura de algo” – essencialmente o nome de um processo – passou a representar também, no início do século XVIII, o que o homem agregava à natureza, cultura como soma de bens culturais, traduzindo a tensão homem-natureza. Houve também um conceito de cultura que informava o “modo de vida global” de determinado povo (final do século XVIII) e foi empregado com o significativo plural amplo “culturas”, no sentido de diferenciá-lo do de “civilização”.

A partir da segunda metade do século XX a cultura passou a ser encarada como o *sistema de significações* por intermédio do qual uma ordem social é comunicada, reproduzida, vivenciada. Do sentido antropológico e sociológico, cultura como “modo de vida global” distinto, passa-se a perceber um “sistema de significações” bem definido e envolvido em todas as formas de atividade social.

Com essa moderna acepção de cultura e sua relação com a educação, pôde-se conceber a escola como uma instância de mediação entre os significados e as condutas da comunidade social. Os fatores que intervêm na vida escolar são interpretados como culturas e a escola concebida como um cruzamento de culturas, que provocam tensões, aberturas, restrições e contrastes na construção de significados. Assim é que Pérez Gómez (1998, p.17) interpreta esses fatores, ressaltando o caráter sistêmico e vivo dos elementos que influem na determinação dos intercâmbios de significados e nas condutas dentro da instituição escolar.

Há uma relação orgânica entre educação e cultura que vale tanto no domínio escolar como num sentido mais amplo de socialização do indivíduo. Toda educação é sempre educação “de alguém por alguém” e pressupõe a comunicação, a transmissão, a aquisição de alguma coisa: conhecimentos, competências, crenças, hábitos, valores, conteúdos estes reconhecidos como culturais.

Conforme afirma Claude Forquin, a definição de cultura que melhor se conforma ao pedagogo é a de “um patrimônio de conhecimentos e de competências, de instituições, de valores e de símbolos, constituído ao longo de gerações e característico de uma comunidade humana particular, definida de modo mais ou menos amplo e mais ou menos exclusivo.” (Forquin, 1993, p. 12).

Uma idéia apontada por Forquin, de importância para a análise do ensino da Física dada a sua dimensão universal, é que a cultura (no que tange a educação) não deve ser compreendida como restrita às fronteiras das nações ou aos limites das comunidades particulares, “deve-se conceder um espaço, no vocabulário atual da

educação, à noção universalista e unitária de ‘cultura humana’”, uma vez que o essencial daquilo que a educação transmite, “transcende necessariamente as fronteiras entre os grupos humanos e os particularismos mentais e advém de uma memória comum e de um destino comum a toda a humanidade.” (idem, p.12).

A cultura, no domínio escolar, não é nem tão global, como apregoa a sociologia, nem tão restritiva como a idéia de uma cultura individual orientada para a perfeição e carregada de uma evidente conotação elitista. A cultura, na ótica da transmissão escolar, é considerada um patrimônio de conhecimentos, de instituições, de valores e símbolos; patrimônio estabelecido e organizado ao longo das gerações e que traz as peculiaridades de uma sociedade particular. Trata-se, portanto, de “obra coletiva e bem coletivo objetivável” e não pertencente à esfera restritiva e de sentido subjetivo de “homem cultivado”.

Entre educação e cultura há sem dúvida uma relação íntima e orgânica, que admite certo grau de separação, mas coordenado por uma mesma totalidade social. Toda educação admite, quer seja no sentido de formação e socialização do indivíduo ou na acepção mais restrita da esfera escolar, um conteúdo a ser comunicado, transmitido, adquirido – composto por conhecimentos, competências, crenças, costumes, valores –, que não se reduz aos aspectos contingentes e singulares das experiências individuais, constitui “a moldura, o suporte e a forma de toda a experiência individual possível”. Desse conteúdo cultural provém o conteúdo da educação, sendo “sempre alguma coisa que nos precede, nos ultrapassa e nos institui enquanto sujeitos humanos” (cf. Forquin, 1993, p. 10).

Apesar de traduzir características de uma comunidade humana particular, a cultura, como “patrimônio de conhecimentos e de competências, de instituições, de valores e de símbolos, constituído ao longo de gerações” e como “bem coletivo objetivável”, também traduz uma outra dimensão dessa herança coletiva e desse patrimônio intelectual e espiritual, para além das fronteiras de comunidades e nações. Há aspectos, sobretudo na cultura científica, que revelam uma face mais universalista e unitária; e, ao transcender as fronteiras entre os grupos humanos e suas particularidades mentais, esse caráter afirma-se como memória e destino comuns a toda humanidade.

Ensino de Física e Cultura

Compreende-se que uma pedra disponível no meio natural não faz parte da cultura, mas uma pedra moldada para integrar o piso de uma calçada ou a parede de uma casa é reveladora da cultura, pois irradia significados compartilhados e relativos à vida de uma comunidade. Na mesma linha de pensamento, um conhecimento disponível como acervo da humanidade (em livros, periódicos, mídias digitais, etc.) não constitui por si só uma entidade cultural (de uma dada comunidade), salvo se tal conhecimento estiver manifesto como forma simbólica de representação da realidade e presente nos modos de operação e nos esquemas de ação dos integrantes da comunidade. Mas, nessa analogia há uma diferença significativa quanto à origem dos conteúdos e a proximidade objetiva para uma determinada cultura, pois o conhecimento disponível, mesmo traduzindo uma cosmovisão distinta, foi produto de alguma cultura, enquanto o que provém da natureza não carrega ainda um registro significativo da ação humana.

Como exemplo de conteúdos culturais, que se aproxima um pouco da nossa problemática, temos a abordagem feita pelo matemático português Bento de Jesus Caraça para o ensino de matemática em termos culturais na primeira metade do século XX. Centrado no pensamento de que a educação deveria proporcionar uma formação cultural, Caraça propõe um ensino de matemática segundo uma abordagem cultural.

Para tanto investigou aspectos sociais e culturais associados à matemática, onde aponta a *contagem* e a *numeração* como pontos fundamentais da questão, em que o ato de contar, a base para o desenrolar da aritmética e de toda a matemática, teria sido uma necessidade da vida humana em sociedade. O problema da contagem teria sido resolvido com a criação dos números naturais e, à medida que a vida social foi se desenvolvendo, os problemas que se apresentaram exigiram uma expansão do conceito de número, incluindo-se o símbolo para o vazio, o zero. Enquanto para o homem primitivo “os números estavam impregnados de Natureza”, estavam ligados às coisas com as quais contava, para um homem civilizado “o número natural é um ser puramente aritmético, desligado das coisas reais e independente delas”, constitui uma abstração, um produto da elaboração do seu pensamento.

Na abordagem de Caraça os conceitos são apresentados segundo o desenvolvimento lógico e histórico, as razões e os embates que levaram à construção de uma determinada estrutura matemática. Nessas considerações o autor deixa claro, nas críticas que faz à educação regular, tratar-se de uma perspectiva não tecnicista, em que a matemática seria ensinada associada aos seus valores humanos.

Nesse sentido, haveria uma mentalidade a ser cultivada, que envolveria o desenvolvimento das artes plásticas, da música, da literatura, do desporto, da tecnologia, e também a busca do rigor, a capacidade de problematização e demonstração, o modo de pensar racionalmente organizado, do qual participaria a matemática e as ciências.

Muitos dos questionamentos levantados em torno da maneira de se ensinar matemática em consonância com os “valores culturais”, e que se referem a conteúdo e forma, também são válidos para o ensino de ciência; o próprio Caraça faz menções a esse respeito, e tal ponto aproxima a sua proposta de um (nosso) interesse mais próximo – como caracterizar culturalmente a ciência para fins de ensino.

Num sentido de exploração do que se poderia entender por aspectos culturais associados à ciência, buscamos sondar, a partir dos traços mais característicos da física e do seu desenvolvimento, particularidades desses conteúdos que pudessem estar presentes como referências nos processos educativos.

Nesse território algumas questões dignas de reflexões se destacam logo de início, dada a importância teórica frente ao tema do estudo. São questões da relação da ciência física com a cultura, e desta com o ensino de física, tais como:

- a) Em que medida se pode considerar a física como cultura?
- b) A cultura científica nos países que participaram, desde sempre, da geração do saber científico seria a mesma nos países que basicamente receberam esse legado?
- c) Que aspectos da física como cultura são tomados como referência para o ensino?
- d) Haveria aspectos concernentes à física, fora do que é reconhecido como cultural, que sejam significativos para a educação científica?
- e) O que a classe científica brasileira, os físicos neste caso, propõem para o ensino da física?
- f) Como essas questões são tratadas nas diretrizes oficiais para o ensino de física?

Na intenção de identificar aspectos culturais associados à física, e que poderiam, potencialmente, ser tomados como pontos de referência para a educação escolar, achamos de boa medida delinear elementos mais expressivos do desenvolvimento da física, com presença marcante no quadro geral pelo qual ela passou a ser reconhecida, tais como: as descrições quantitativas, as aplicações práticas, a forma singular de produção e progresso; sem querer, contudo, esmiuçar a trajetória de sua evolução.

O conhecimento científico, à medida que foi sendo elaborado e transmitido pelas gerações, teve um crescimento historicamente peculiar, que foi lhe caracterizando certas

marcas e significações universais, as quais passaram a desempenhar um papel um tanto especial na visão de educação principalmente nos últimos dois séculos.

O lugar da ciência no campo global do conhecimento, desde o século XVI, quando ocorreu uma explosão da ciência na civilização ocidental, até os nossos dias, com as reformulações das ações, do pensamento e dos valores humanos como se deram ao longo do século XX, representou um comprometimento irreversível da civilização moderna com um modo novo de pensar e de ver o mundo. Essa perspectiva científica trouxe também, além da visão teórica do mundo, uma maneira *tecnológica* de agir.

A ciência foi se estabelecendo como uma forma humana de pensar e interpretar a natureza, uma interpretação tida por um lado como muito geral e antiga (antiga em germen), mas, por outro lado, muito recente na sua especial forma de organização e coerência interna. A ciência moderna é uma forma altamente integrada de conhecimento que oferece uma visão geral e única do mundo, a cosmovisão científica. A civilização européia se aventurou nessa direção com um irrevogável empreendimento, e tal visão integrou-se na cultura, seja no aspecto de suas verdades universais, seja no aspecto de aplicações particulares e soluções tecnológicas, ou ainda, como uma lógica de explicação dos fenômenos naturais em oposição à “lógica” da visão mágica do mundo.

Um dos traços que essa maneira científica estabeleceu na interpretação da natureza foi o da quantificação dos fenômenos. As origens desse estudo quantitativo do mundo físico podem ser encontradas desde a Grécia Antiga. Seja com o desenvolvimento da geometria, no sentido desta ter fornecido uma descrição das grandezas físicas em termos de comprimento, volumes, ângulos etc., seja num sentido de formulação matemática dos fenômenos, como a lei das cordas vibrantes dos Pitagóricos, os inúmeros trabalhos de Arquimedes (espelhos, alavanca, empuxo, densidade...), e o modelo planetário de Eudoxo de Cnido, estudado a partir de uma complexa relação entre movimentos esféricos.

Contudo, foi somente após a Renascença que esse aspecto quantitativo se intensificou de modo considerável, em comparação com a física desenvolvida na antiguidade, mas a nova perspectiva da ciência moderna se diferenciou notadamente pelo abandono da distinção (aristotélica) entre ciência e “arte”, o trabalho de manipulação das coisas tornou-se um colaborador da ciência. Uma novidade revolucionária para aquilo que, até então, se entendia por ciência foi essa união de teoria e prática.

Após a revolução industrial do século XVIII se instaurou uma relação mais orgânica entre ciência e técnica e que persiste até os nossos dias. A ligação da ciência com a tecnologia tornou-se um fato de grande importância na época atual, de maneira significativa as pesquisas em Física Quântica no século XX foram impulsionadas, com grandes recursos de governos e empresas, para o desenvolvimento de novas tecnologias.

Os historiadores da ciência costumam identificar duas correntes no desenvolvimento da física pós Galileu. Uma corrente continuava as tradições teóricas da antiguidade, que desenvolvia ramos mais matematizados, e a outra, denominada corrente baconiana, estava mais próxima dos artesãos e retirava da prática profissional muito dos fatos e experiências em que se baseava.

Considerando-se a relação entre a física e a sociedade – a influência de uma dada organização social no desenvolvimento da física –, as ligações identificáveis são mais claras quando se trata da corrente dos “práticos”, cujos ramos, mais estreitamente ligados às aplicações tecnológicas, mantêm certa correspondência com o desenvolvimento material e com a estrutura da organização social.

Com a outra corrente, que estaria mais estreitamente ligada à geração das grandes idéias e formulações teóricas acerca do mundo natural, as conexões com o

contexto social é algo muito mais complexo. Apoiado nos estudos históricos desenvolvidos a partir da segunda metade do século XX, Mário Schenberg diz que: “se formos procurar a origem de muitas idéias fundamentais da física, veremos que essa origem relaciona-se freqüentemente com práticas que a ciência ocidental tendeu a considerar como supersticiosas” (Schenberg, 1988, p.21). Segundo o autor, as idéias de Newton sobre atração e repulsão teriam sido sugeridas por um tratado de interação entre o amor e o ódio do hermetismo egípcio. A concepção de Kepler e Newton sobre a estrutura do sistema solar, e mais especificamente da ação gravitacional do sol sobre os planetas, seria de origem astrológica, em que o sol exerceria uma influência sobre a Terra “através de uma emissão *sui generis*”. Dessa forma, “A idéia de emanações invisíveis oriundas do Sol foi um elemento básico na criação da teoria da gravitação.” (idem, p.21), e talvez essa concepção (germinal) de *campo de influências* tivesse firmado na física do século XIX o importante conceito de *campo*.

Uma característica que parece ter marcado um lugar especial para a física no mundo ocidental diz respeito à *objetividade*. A objetividade é muitas vezes apontada como condição indispensável para todo conhecimento científico. No que diz respeito à física, isso se refere aos dados que fundamentam as teorias científicas, pois as formulações teóricas não são objetivas no sentido de reflexo da realidade, são construções lógico-matemáticas de caráter intersubjetivo. A objetividade da ciência se dá no centro da comunidade científica e depende do consenso dessa comunidade para os princípios que orientam observações, verificações, conclusões, etc. A reconhecida objetividade para os resultados depende, principalmente, da possibilidade de serem intersubjetivamente submetidos a testes. Assim, a prática da ciência estaria ligada a uma camada social bem específica e o conhecimento científico (o produto resultante dessa prática) seria dependente tanto das disponibilidades materiais como mentais. Em toda época há pressupostos singulares, adotados pela comunidade científica em torno de uma visão geral do mundo, que fundamentam em parte a base mental de aceitação para as verdades científicas.

Em sua dinâmica interna a física mostra-se como um território de conflitos e discontinuidades, suas verdades científicas são mutáveis e no seu desenvolvimento os enunciados são modificados ou substituídos por outros de caráter mais abrangente, conformando-se como um modelo de *progresso* cognitivo.

Segundo Paolo Rossi, a ciência moderna teve um papel importante na formação da idéia de progresso na modernidade, e essa idéia de progresso não é marginal, mas constitutiva da concepção moderna de ciência (cf. Rossi, 1996, p.49).

Ao se procurar entender a física na sua relação com a cultura, há que se atentar para dois aspectos. Em primeiro lugar não seria lícito admitir uma física separada da cultura, pois no processo de elaboração de conceitos e teorias há herança, presença e influência tanto de culturas locais como do entrecruzamento de outras culturas e civilizações. Os pesquisadores da história das ciências costumam apontar diferenças no modo de fazer ciência, relacionadas com o contexto local, como, por exemplo, traços distintivos entre a ciência desenvolvida no continente europeu e na Inglaterra (sobretudo ao se reportarem à ciência nos séculos passados). Vale ressaltar que as verdades cientificamente estabelecidas, apesar das identificáveis idiosincrasias do fazer, proporcionam aplicações práticas e uma visão geral do mundo natural que lhes conferem uma dimensão para além dos limites das sociedades em que foram desenvolvidas, tornando-se um “bem cultural da humanidade”.

Em segundo lugar, esse conhecimento científico, configurado como patrimônio da humanidade, como “cultura científica universal”, e de certo modo disponível para toda sociedade humana, não existe como *realização* cultural para toda e qualquer

comunidade. Esse acervo existe (para uma dada comunidade) como potência e não como ato efetivado, uma vez que os aspectos que teriam expressão no âmbito cultural são os compartilhados em termos de uma significação coletiva e associada a práticas e valores expressivos de um contexto particular.

Em toda sociedade, que mantém laços ordinários de integração com a civilização ocidental, há fazeres culturais que estão relacionados com a *cultura científica*, a qual se apresenta como um fundo, uma referência, um solo, muitas vezes invisível e não detectável diretamente. Não é o fazer científico em si que ganha significação em uma dada comunidade, o que muitas vezes adquire significado nesse âmbito são práticas relacionadas ou mesmo fundamentadas no conhecimento científico. Assim, o dia a dia de uma sociedade contemporânea envolve o uso de objetos e aparelhos de tecnologia complexa, cuja concepção e funcionamento dependeram de descobertas científicas. O uso de tais objetos não requer necessariamente um conhecimento científico, mas remete, como um fundo um tanto distante, à ciência.

O conhecimento dos fatos naturais, as explicações para muitas das curiosidades infanto-juvenis, as explicações, por exemplo, para um acidente fatal provocado por uma descarga atmosférica e estampado nas manchetes dos jornais, remetem aos conhecimentos físicos. A física pode ocupar nessas situações um status um tanto especial de conhecimento quantitativo, exato, “verdadeiro” e confiável, ficando muitas vezes como um exemplo de “conhecimento superior”, que demonstra e prova. Nesses aspectos culturais relacionados aos saberes, nos procedimentos para o conhecimento e a análise, a ciência deve ser reconhecida como um modelo de conhecer e analisar, podendo então participar da significação e dos valores que permeiam as questões de juízo e veracidade.

A presença da física pode ser notada em muitas obras de artes plásticas, na literatura erudita, em obras de ficção e de divulgação científica. Na linguagem corriqueira pode aparecer mantendo relações de analogia, como ocorre com os conceitos físicos de energia e de campo, e também em linguagens mais elaboradas e específicas, como em “direito quântico”, por exemplo.

Quando um grupo de jovens atira pedras para acertá-las no interior de um cesto, o diálogo entre eles, para que se dê o acerto, pode se referir à velocidade e ao ângulo de lançamento, ao atrito da pedra com o ar, etc., mostrando a presença de uma visão física até mesmo numa atividade lúdica.

Ao se procurar relacionar ciência, cultura e educação, levando-se em conta as sociedades que participaram ativamente do desenvolvimento científico e das que não estiveram envolvidas significativamente nesse desenvolvimento, encontramos dois pontos de destaque e de diferença, que talvez possam apresentar implicações relevantes para a educação científica.

Do ponto de vista da disponibilidade tecnológica e dos conceitos físicos associados, há diferenças nessas sociedades, quanto aos níveis de desenvolvimento e familiaridade com tecnologias mais contemporâneas e com manifestações culturais distintas, que se refletem em livros de divulgação científica e obras didáticas, tais como os princípios físicos das telecomunicações, a física dos computadores, as aplicações físicas em medicina. Mas, é com relação às diferenças dos aspectos históricos e sociais da ciência na vida dessas sociedades que parece haver significados culturais mais bem marcados e definidos, e capazes de imprimir uma significativa desproporção na formação científica, na concepção mais precisa que um estudante pode ter sobre o que é a ciência, o papel dela no desenvolvimento humano, etc.

Assim, nos países que participaram da construção do legado científico há marcas deixadas pelos antepassados, uma herança “visível” da participação histórica da

sociedade, que se poderia encontrar em museus, escolas e pontos turísticos, como a casa em que viveu um dado cientista do passado ou o laboratório e os instrumentos que ele utilizou para descobrir fatos e leis da natureza. Esses elementos culturais, de uma prática realizada por pessoas da própria sociedade em diversas épocas, certamente possibilitariam uma visão de ciência diferenciada da que teria uma pessoa numa sociedade que não participou da criação científica.

O sentido do que é ciência seria então diferente para um indivíduo da sociedade que recebeu os resultados científicos, o legado, como algo dado e pronto, pois está mais distante dos sinais deixados por toda uma discussão que foi se acumulando e se afirmando durante séculos em torno dos temas científicos. Numa sociedade distante da geração da ciência, a falta de elementos concretos, disponíveis como atmosfera cultural, e que poderiam propiciar um contato mais direto com o significado dessas atividades, teria conseqüências para a educação científica. Nessa situação, o indivíduo, não encontrando na cultura local referências simbólicas explícitas da cultura científica, poderia ser levado a uma concepção muito mais relativa e desintegrada acerca do significado e valor do conhecimento científico. Com um acentuado caráter virtual acerca da gênese da ciência, e do que seria a verdadeira prática humana que deu origem a esse legado, um indivíduo dessa sociedade “distante” estaria mais à mercê de perceber o método científico como ahistórico e atemporal.

Esse é o quadro que se apresenta para a educação científica de países que, como o Brasil, não participaram do desenvolvimento da física, nem do desenvolvimento tecnológico nos seus fundamentos.

Desde a primeira metade do século XIX o ensino de física já era praticado nas escolas secundárias (segundo menções encontradas amiúde em trabalhos sobre a história da educação escolar brasileira), mas cumpre observar, todavia, que nessa época a referência para a educação era a da cultura europeia (mais tarde também a norte-americana) e não a cultura local. Assim, os valores atribuídos à ciência provinham de outras sociedades com influências de um outro contexto. Até meado do século XIX a física ensinada no Brasil tinha a conotação dada pela corrente do iluminismo, que entendia o ensino de física associado aos aspectos filosóficos ligados ao método científico, com a apresentação, a discussão e a comparação das diversas hipóteses que circulavam nos meios científicos da época.

Na segunda metade do século XIX, os valores práticos despontam como orientação para o ensino da física, reflexo do próprio desenvolvimento, nos países europeus principalmente, das aplicações físicas para soluções tecnológicas (eletromagnetismo, termologia, etc.) e, sobretudo, por influência da corrente filosófica do positivismo com sua perspectiva mais pragmática atribuída à ciência.

Nesse último enfoque para a educação científica fica mais marcada a característica da física para uma descrição quantitativa dos fenômenos, mas com a tônica nas suas aplicações práticas e não na geração das idéias teóricas e suas comprovações. Desse modo, o que se traz para a educação não é o debate em torno de como se fez a física, dos choques de idéias, da prática viva da ciência, mas aquilo que se faz com seus resultados, a prática empregada para a solução de problemas técnicos que se desenvolve a partir dos conhecimentos científicos. Essas aplicações estariam justificando e valorizando o estudo da ciência nesse molde.

Embora essa mudança de perspectiva para o ensino de ciência estivesse associada a correntes filosóficas de caráter transnacional, não se poderia afirmar que tivesse a mesma ressonância na educação de um francês e de um brasileiro, pois esses traços todos associados à física (o choque das idéias, as aplicações práticas, etc.) estariam presentes na cultura francesa como produto dessa sociedade, e ainda que a

educação tendesse para as aplicações técnicas, sempre haveria marcas em outras áreas do conhecimento que se referissem aos debates em torno das grandes idéias científicas, enquanto um indivíduo brasileiro (da mesma época) estaria privado do contato, tanto das atividades geradoras das idéias como dos fatos sociais ligados aos desenvolvimentos aplicativos. A formação científica deste último estaria sujeita a um elevado grau de abstração relativo aos aspectos mais universais da cultura científica.

Numa época mais recente (século XX) a presença científica no cotidiano tornou-se muito mais intensa em nossa sociedade e muitas atividades passaram a exigir um conhecimento básico de física e uma boa noção das suas aplicações. Mas, se há uma importância reconhecida para a aprendizagem de física a partir dessas novas necessidades e oportunidades da sociedade, é preciso observar também que foi despertado um caráter mais utilitarista desse conhecimento, mas nada que propiciasse uma maior amplitude de consciência, voltado ao significado da ciência para a humanidade.

A cultura científica em seu caráter universal reúne valores relativos às aplicações e ao modelo de pensamento estabelecido, tais como: a descrição quantitativa, o caráter de objetividade, a dialética de seu progresso. Nesse sentido (universal) a ciência seria praticamente a mesma para diferentes povos e culturas, mas, mesmo considerando essa dimensão, a educação científica ainda estaria subordinada às contingências de cada sociedade, sobretudo no que diz respeito aos valores atribuídos aos resultados teóricos e práticos frente a outros valores culturais específicos.

É de importância se observar que a educação não transmite a cultura no sentido de um “patrimônio simbólico unitário e coerente”, mas ela transmite algo da cultura, seleciona elementos entre os quais pode não haver necessariamente uma homogeneidade, podendo até utilizar elementos de sistemas heterogêneos, desde que façam algum nexo para, por exemplo, alcançar um resultado de interesse mais prático e momentâneo. Na educação escolar os currículos e programas só conseguem incorporar um espectro estreito de saberes, de formas de expressão, de habilidades, de valores. Do conteúdo cultural, o que pode ter algum “valor educativo” deve (ou deveria) ter o poder de guiar pensamentos e estabelecer ordem na existência, mas, dado o procedimento seletivo, o que se ensina da cultura é uma parte ou uma imagem idealizada, objeto de uma aprovação social, sua “versão autorizada” e “legítima”.

A transmissão cultural pela via escolar, que não abarca a cultura como um todo, propicia uma acessibilidade a ela. Não se trata de reflexo, nem de manifestação, mas há um sentido de representação “construída”, não à maneira de uma representação “fotográfica” e ampla, mas alguma coisa que se aproxima dos desenhos de caricaturas, onde os poucos traços possibilitam captar a expressão particular do ser a que se refere. Na educação científica escolar os conteúdos relacionados com a ciência não mostram toda a abrangência teórica e toda a complexidade de conexões, esse conhecimento fica numa forma resumida, com um número menor de notas características, sem contudo deixar de ser *algo* da ciência para ser *outra* coisa.

Ao tratar das concepções sobre a mente humana, Jerome Bruner considera a proposição de que a mente é constituída pelo uso da cultura e realizada na mesma; visão culturalista, inspirada no fato evolutivo de que a mente não poderia existir se não fosse a cultura. A cultura molda a mente dos indivíduos e os seres humanos desenvolveram a capacidade de utilizar as ferramentas da cultura, seja num sentido simbólico ou material (cf. Bruner, 2001, p. 17).

Para uma criança em crescimento, o que ela vai apreender relacionado ao uso e desenvolvimento da mente, as formas cognitivas, os valores que orientam as aprendizagens e a própria esquemática da aprendizagem, são de origem cultural. Neste

aspecto a ciência, como participante da forma simbólica de representação da realidade, toma parte também na organização da mente e da vida das pessoas de uma sociedade.

O ensino de física poderia assim contribuir para o desenvolvimento da mente, não no que tange à transmissão dos conhecimentos específicos, num modo mais mecânico e “computacional” de processamento de informações, mas num sentido associado às formas culturais, que proporcionaria uma compreensão relacional, e que resultaria no desenvolvimento tanto da imaginação como do raciocínio. O raciocínio físico em sua extensão de encadeamento linear (processo dedutivo utilizado nas formulações e aplicações da física) constitui um modo de operação mental do fazer científico. O processo imaginativo presente na especulação e na criação de uma explicação para um dado fenômeno natural (um fato físico) exige uma utilização da mente, uma forma de inteligência, que é própria das culturas modernas ocidentais. Caberia então à educação científica, quando alinhada à cultura, explorar e desenvolver tais aspectos.

Assim, para a visão progressista um sistema educacional deveria auxiliar o crescimento de uma pessoa dentro de uma dada cultura, ajudando-a a criar uma versão do mundo adequada ao seu contexto, a encontrar uma identidade dentro da cultura. Nesse aspecto a educação científica deveria explorar, além do pensamento lógico-analítico (peculiar à estrutura da física), o pensamento narrativo da evolução dos conceitos e idéias, a imagem da ciência como empreendimento humano e cultural, uma história de seres humanos superando idéias aceitas, sobrepujando dogmas, repensando de outros pontos de vista a experiência com o mundo natural.

Em 1938, Albert Einstein e Leopold Infeld publicaram “A evolução da Física”, obra que apresenta uma narrativa das tentativas da mente humana para encontrar conexões entre o mundo das idéias e o mundo dos fenômenos físicos. Não é um livro didático de física, nem tampouco de divulgação científica, não traz o desenvolvimento físico-matemático dos conceitos, mas nem por isso há qualquer banalização de rigor conceitual. A física é apresentada como o produto da grande aventura do pensamento humano em desvendar enigmas da natureza. Conceitos e teorias são “inventados” a partir de “pistas” sugeridas pelos fatos observados. A ascensão das grandes concepções, como o *conceito mecânico*, ultrapassa as fronteiras da física, tornando-se fonte para novos aspectos filosóficos, mas o poder explicativo desse conteúdo conceitual (mecânico) se esgota sob a fluência de novos fatos eletromagnéticos, e entra em declínio. A narrativa expõe com grande distinção e clareza, em traços largos, o desenvolvimento das idéias e concepções, os choques e conflitos entre as hipóteses, de modo que o leitor pode identificar, com boa precisão, a relação com outros campos do conhecimento humano e perceber a influência dessas formulações na sua própria visão de mundo físico.

Essa obra ressalta aspectos do pensar científico como produção histórica, observa estruturas de pensamento que embasaram o desenvolvimento da física. Muitas dessas *construções humanas* estão presentes (sob certos aspectos) nos contextos culturais, se bem que de maneira nem sempre explícitas e muitas vezes difundidas entre conteúdos do senso comum e, conseqüentemente carregadas de imprecisão. Assim, por exemplo, da cosmovisão mecânica compartilhada em um ambiente cultural, os conceitos de força, atração, repulsão, aceleração, etc., poderiam estar carregados de senso comum, não se referindo com exatidão ao conceito físico associado, mas mantendo certa relação de analogia. Uma narrativa como a acima apontada poderia facilitar, na formação científica de um aluno, que ele percebesse tal imprecisão conceitual, pois a situação do senso comum acerca desses fatos (corpos em movimento) leva a uma formulação espontânea acerca dos conceitos mecânicos, muito semelhante a

que foi enfrentada e superada pelos filósofos da natureza, quando da elaboração precisa dos conceitos mecânicos na física. Uma tal abordagem favorece a apreensão conceitual numa amplitude além da meramente operatória, uma vez que visualiza um processo de elaboração e evolução conceitual a partir do senso comum, como se deu historicamente, além de conter elementos que indicam mais claramente a função do rigor científico na elaboração do conhecimento.

Em termos do desenvolvimento da mente, um ensino de física que considerasse aspectos narrativos e críticos, como o sugerido pela obra de Einstein e Infeld, estaria certamente contribuindo para o crescimento da pessoa na direção de uma mentalidade autônoma, capaz de elaborar críticas e perceber elementos “invisíveis” dentro da sua própria cultura.

Nas escolas brasileiras o ensino de física sempre foi marcado pelo predomínio de uma forte conotação lógico-analítica, com uma abordagem eminentemente “teórica”. Na década de 1960, o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBCEC) traduziu diversos “projetos” norte-americanos, entre os quais o PSSC (Physical Science Study Committee), que foi desenvolvido nos EUA para a renovação do ensino de ciências. O PSSC, concebido para as escolas norte-americanas, mostrou-se inadequado à realidade educacional brasileira. E ao final da mesma década foram desenvolvidos três projetos nacionais para o ensino de física: o FAI (Física Auto-Instrutivo), o PEF (Projeto de Ensino de Física) e o PBEF (Projeto Brasileiro de Ensino de Física).

Em torno desses projetos foram realizadas diversas pesquisas e estimulados inúmeros debates, que favoreceram o surgimento de uma nova orientação para o ensino de física a partir da década de 70. Uma marca um tanto original na elaboração de livros didáticos de física, pode-se notar em algumas obras a partir desse período (cf. Wu 2001).

Os questionamentos e esforços, levados a cabo em alguns centros de pesquisa, deram origem a propostas curriculares singulares para se ensinar ciência, resultado certamente da busca de uma maneira mais adequada às nossas peculiaridades educacionais e culturais. Um dos papéis da educação científica nessas propostas seria o de tentar repassar o conhecimento científico de maneira a compensar, artificialmente, a falta de marcas culturais desse legado. A classe de físicos que se dedicava a pesquisar o ensino de ciência procurou suplantar essa falta de vivência inerente à nossa história (de não ter participado da geração desse conhecimento), propondo uma abordagem de múltiplos aspectos que contemplasse, além dos elementos experimentais, conceituais e lógicos, também o sentido histórico e social do desenvolvimento da ciência, com uma preocupação tal que, na intensidade e extensão, não se encontra nos países nos quais esse patrimônio foi gerado.

Diversas propostas curriculares para o ensino de física, que surgiram a partir da década de 1980, destacam a importância de se abordar o ensino de ciência sob múltiplos aspectos, buscando com isso mostrar um desenvolvimento científico como produto histórico e dependente das condições sócio-culturais das sociedades que elaboraram esses conhecimentos.

Essa tendência está de certa forma cristalizada nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), de 1998. Nos PCN se recomenda o aprofundamento dos saberes disciplinares específicos, destacando os conteúdos tecnológicos e práticos, a interpretação dos fatos naturais, o conhecimento e entendimento de equipamentos e procedimentos técnicos, aspectos “de um significado amplo para a cidadania e também para a vida profissional”. Mas além do caráter prático, o texto aconselha “uma participação no romance da cultura científica, ingrediente essencial da aventura humana.”, e afirma que a partir desse enfoque é necessário e

possível transcender a prática imediata e desenvolver conhecimentos de alcance mais universal. Como condição de cidadania (e não como prerrogativa de especialistas) é concebido o ensino médio, com a participação ativa do indivíduo com o coletivo no sentido de uma prática voltada à elaboração cultural.

Nas orientações complementares aos PCN para o ensino de física, há um detalhamento dessas considerações mais amplas para a educação científica, vinculando-a a símbolos, códigos e nomenclaturas, presentes na vida cotidiana.

Uma atenção especial, para o ensino de física promover competências de caráter cultural e social com dimensões mais humanas ao conhecimento científico, está concretizada em um item específico: “A Física como cultura”. Nesse tópico dá-se relevância à física como parte da cultura contemporânea, abrindo uma interface “muito expressiva” do conhecimento em física com a vida social. São citados como meios para se estabelecer tais relações: visitas a museus, planetários, exposições, centros de ciência, e também um olhar mais atento a: produções literárias, peças de teatro, letras de música e performances musicais.

Para além da história da física, há a sugestão de uma estratégia de caráter mais local, na direção de estabelecer uma visão de ciência enquanto atividade humana e social, que seria investigar e resgatar a história do desenvolvimento do saber técnico e científico na cidade ou na região, com seus próprios protagonistas. Trata-se portanto da contribuição científica para o desenvolvimento da realidade local, seja no aspecto sócio-econômico seja no desenvolvimento do saber inserido nessa realidade.

Ainda que concretize muito do que foi concebido pela classe dos físicos brasileiros como estratégia para o ensino de física, as diretrizes dos PCNEM se apresentam como um desafio. Se há o mérito reconhecido entre os educadores de se ter cristalizado uma proposta elaborada durante décadas de pesquisas e debates, há que se reconhecer também o seu caráter *ideal* para o ensino científico, uma meta muito distante do que (ainda) se processa nas salas de aulas. A efetivação dessas diretrizes exigiria um programa oficial concreto, com um esforço educacional gigantesco, o qual não tem sido observado.

Bibliografia

- APPLE, M. e KING, N. R. Que enseñan las escuelas? In: GIMENO SACRISTAN, J. e PÉREZ GÓMEZ, A. *La enseñanza: su teoría y su práctica*. Madrid: Akal, 1989.
- ASTOLFI, Jean Pierre e DEVELAY, Michel. *A didática das ciências*. Campinas: Papyrus, 1995.
- BERNSTEIN, Basil. *Poder, educación y consciencia*. Santiago: Cide, 1988.
- _____. *A estrutura do discurso pedagógico*. Petrópolis: Vozes, 1996.
- BOURDIEU, Pierre e PASSERON, Jean Claude. *A Reprodução*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1992.
- BUNGE, Mario. *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires: Siglo Veinte, 1972.
- BRUNER, Jerome. *A cultura da educação*. Porto Alegre: ARTMED, 2001.
- BURTT, Edwin A. As bases metafísicas da ciência moderna. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1984.
- CARAÇA, Bento de Jesus. *Cultura e emancipação*. Porto: Campos das Letras, 2002.
- _____. *Conceitos Fundamentais da Matemática*. Lisboa: Gradiva, 2003.
- CARVALHO, Maria C. M. (org.). *Construindo o saber: metodologia científica, fundamentos e técnicas*. São Paulo: Papyrus, 1997.
- CHERVEL, André. História das disciplinas escolares: reflexões sobre um campo de pesquisas. *Teoria & Educação*, Porto Alegre, n° 2, pp.177-229, 1990.

- CHEVALLARD, Yves. *La Transposition Didactique*. Paris: La Pensée Sauvage, 1991.
- COSTA, Marisa V. (org.). *Estudos culturais em Educação*. Porto Alegre: Editora Universidade/ UFRGS, 2000.
- EINSTEIN, Albert e INFELD, Leopold. *A evolução da física*. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.
- FAUNDEZ, Antonio (org.). *Educação, desenvolvimento e cultura*. São Paulo: Cortez, 1994.
- FORQUIN, Jean Claude. *Saberes escolares, imperativos escolares e dinâmicas sociais*. Teoria e Educação, Porto Alegre, nº 5, 1992.
- _____. 1993. *Escola e cultura*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- GIROUX, Henry. *Escola crítica e política cultural*. São Paulo: Cortez/Autores Associados, 1988.
- HARTMAN, P.M. *A revolução científica*. São Paulo: Ática, 1995.
- HEISENBERG, Werner. *Física e filosofia*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1987.
- MOREIRA, Antonio Flávio, SILVA, Tomaz Tadeu (orgs.). *Currículo, cultura e sociedade*. São Paulo: Cortez, 1994.
- MORIN, Edgar. *Ciência com consciência*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- NARDI, Roberto (org.). *Pesquisa em ensino de física*. São Paulo: Escrituras, 1998.
- _____. *Questões atuais no ensino de ciências*. São Paulo: Escrituras, 1998.
- _____. *Educação em ciências: da pesquisa à prática docente*. São Paulo: Escrituras, 2001.
- PENIN, Sônia I. de Souza. *A aula: espaço de conhecimento, lugar de cultura*. Campinas: Papyrus, 1994.
- PÉREZ GÓMEZ, A. I. *La cultura escolar en la sociedad neoliberal*. Madri: Ediciones Morata, 1998.
- PUCCI, Bruno (org.). *Teoria crítica e educação: a questão da formação cultural na Escola de Frankfurt*. Petrópolis: Vozes, 1994.
- ROSSI, Paolo. *Os filósofos e as máquinas*. São Paulo: Companhia das Letras, 1989.
- _____. *A ciência e a filosofia dos modernos*. São Paulo: Editora da UNESP, 1992.
- SANTOS, Boaventura de Souza. *Um discurso sobre as ciências*. Porto: Edições Afrontamento, 1999.
- SCHENBERG, Mário. *Pensando a física*. São Paulo: Nova Stella, 1988.
- TATON, René. *História geral das ciências*. São Paulo: DIFEL, 1959.
- VIÑAO FRAGO, Antonio. *Por una historia de la cultura escolar: enfoques, cuestiones, fontes*. In: *Culturas Y Civilizaciones* [III Congreso de la Asociación de Historia Contemporánea]. Valladolid: Universidad de Valladolid, 1996.
- WILLIAMS, Raymond. *Cultura*. São Paulo: Paz e Terra, 1992.
- WUO, Wagner. *A Física e os livros*. São Paulo: EDUC-FAPESP, 2000.
- _____. *O ensino da física na perspectiva do livro didático*. In: OLIVEIRA, Marcus A. Taborda, RANZI, Serlei M. Fischer (org.). *História das disciplinas escolares no Brasil: contribuições para o debate*. Bragança Paulista: EDUSF, 2003. pp. 299-338.
- _____. *A Física ensinada e a cultura: uma análise relacional do conhecimento de física em escolas públicas de ensino médio*. Tese de doutorado, Educação: História, Política, Sociedade, da PUCSP, 2005.