
NOVOS RUMOS PARA O LABORATÓRIO ESCOLAR DE CIÊNCIAS*

A. Tarciso Borges
Colégio Técnico da UFMG
Belo Horizonte – MG

Resumo

Este trabalho discute o papel das atividades práticas no ensino de ciências e revê como o laboratório escolar de ciências tem sido usado. Discute os pressupostos sobre a natureza do conhecimento que suportam esses usos e os equívocos a que conduzem. Descreve algumas alternativas potencialmente mais relevantes e pedagogicamente interessantes que temos estudado, em contraste com os tipos de atividades fortemente estruturadas tradicionalmente utilizadas pelos professores. Em particular, defende a adoção de uma ampla gama de atividades prático-experimentais – não necessariamente dirigidas como os tradicionais roteiros experimentais – e uma mudança de foco do trabalho no laboratório, com o objetivo de deslocar o núcleo das atividades dos estudantes da exclusiva manipulação de equipamentos, preparação de montagens e realização de medidas, para outras atividades que se aproximam mais do fazer ciência. Essas atividades mais envolvem a manipulação de interpretações e idéias sobre observações e fenômenos que objetos, com o propósito de produzir conhecimento. Entre elas: a análise e interpretação dos resultados, a reflexão sobre as implicações destes e a avaliação da qualidade das evidências que suportam as conclusões obtidas.

Palavras-chave: *Laboratório, investigações abertas, resolução de problemas, problemas práticos, ensino-aprendizagem de ciências.*

* Publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, dez. 2002.

Este trabalho é baseado em um texto destinado a discutir o papel das atividades práticas em um curso para a formação de especialistas em ensino de ciências. O texto original foi apresentado como comunicação oral e publicado nas Atas do I ENPEC, Águas de Lindóia, SP, 27-29 de novembro, 1997. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, p. 2-11.

I. Introdução

A qualidade do ensino provido pelos sistemas escolares às crianças e jovens tem sido objeto de debates ao longo de várias décadas, culminando com os chamados para a reforma desses sistemas e dos currículos vigentes. O ensino tradicional de ciências, da escola primária aos cursos de graduação, tem se mostrado pouco eficaz, seja do ponto de vista dos estudantes e professores, quanto das expectativas da sociedade. Essa situação não é privilégio das ciências, mas se estende a outras áreas de conhecimento, como indicam os resultados conseguidos por grupos de estudantes brasileiros nas avaliações nacionais e no recente projeto PISA (OCDE, 2001). A escola tem sido criticada pela baixa qualidade de seu ensino, por sua incapacidade em preparar os estudantes para ingressar no mercado de trabalho ou na universidade, por não cumprir adequadamente seu papel de formação das crianças e adolescentes, e pelo fato de que o conhecimento que os estudantes exibem ao deixar a escola é fragmentado e de aplicação limitada. Tampouco a escola conseguiu fazer das mesmas pessoas acostumadas a tomar decisões, a avaliar alternativas de ação de maneira crítica e independente e a trabalhar em cooperação.

Várias são as causas apontadas para explicar a ineficiência do sistema escolar. A educação, como absoluta prioridade nacional, ainda permanece apenas no plano da retórica oficial dos governos dos estados e federação. No entanto, algumas medidas foram e continuam sendo implementadas, como o aumento da carga horária obrigatória, introdução de novas disciplinas, programa de avaliação de livros didáticos e mudanças na forma de organização do trabalho escolar. Essas mudanças ocorrem lentamente, ao passo que outras, igualmente importantes e urgentes, vão sendo proteladas, como a valorização dos espaços educacionais, da profissão de professor e de programas para o aperfeiçoamento e desenvolvimento profissional dos docentes. Ao lado dessas dificuldades gerais, as várias disciplinas que compõem o currículo apresentam problemas específicos de aprendizagem. Os pesquisadores educacionais têm se debruçado sobre estas questões e, se ainda não há consenso, há um razoável entendimento do que poderia ser feito para diminuir a enorme distância que nos separa, em termos de qualidade de educação pública, de outras nações. No entanto, as pesquisas educacionais permanecem igualmente desconhecidas para governantes e professores.

No caso de Ciências, têm havido em vários países movimentos de reforma curricular, desde os “grandes projetos” de intervenção da década de 60 até ações mais localizadas e orientadas pelo crescente corpo de conhecimento sobre as concepções alternativas dos estudantes a respeito de vários tópicos de Física e das dificuldades específicas de aprendizagem que eles enfrentam. Antes de tudo é preciso enfatizar que o ensino, não só de ciências, é uma atividade complexa e problemática. Isso se deve ao fato de não existir uma tradição de práticas sociais de ensino

suficientemente estáveis que possam ser amplamente compartilhadas e que resistam às mudanças contínuas, não só no contexto físico e sócio-cultural da escola, mas também nos professores e seus estudantes, provocadas por novos valores, conhecimentos e crenças, novas percepções e maturação. Isso nos remete para a formação dos professores, visto que cada um deles deveria estar consciente desse espectro de possibilidades de transformações – em si próprio, em seus colegas, em seus estudantes e ambiente de trabalho – e flexível para modificar sua forma de atuação em resposta às mudanças percebidas.

Trata-se de um problema extremamente complexo e de larga escala. Nesse trabalho, nossa preocupação será apenas com as conseqüências advindas de como os professores de ciências entendem aquilo que ensinam e como crêem que podem fazê-lo melhor. Isso está relacionado, em grande parte, com as metas estabelecidas pelos currículos (reconhecidas como legítimas pelos professores), para a educação em ciências. As modificações nestas metas acarretam alterações nos próprios conteúdos e técnicas de ensino. As metas que mais comumente expressam aquilo que os estudantes devem aprender têm sido:

- 1) adquirir conhecimento científico;
- 2) aprender os processos e métodos das ciências;
- 3) compreender as aplicações da ciência, especialmente as relações entre ciência e sociedade, e ciência-tecnologia-sociedade (BYBEE; DEBOER, 1996).

De acordo com essa proposta, os estudantes deveriam conhecer alguns dos principais produtos da ciência, ter experiência com eles, compreender os métodos utilizados pelos cientistas para a produção de novos conhecimentos e como a ciência é uma das forças transformadoras do mundo. Um exemplo disso pode ser encontrado nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (MEC, 1999) que propõe que o ensino de ciências deve propiciar *“ao educando compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade”* (p. 107).

Os professores de ciências, tanto no ensino fundamental como no médio, em geral acreditam que a melhoria do ensino passa pela introdução de aulas práticas no currículo. Curiosamente, várias das escolas dispõem de alguns equipamentos e laboratórios que, no entanto, por várias razões, nunca são utilizados, dentre às quais cabe mencionar o fato de não existirem atividades já preparadas para o uso do professor; falta de recursos para aquisição de componentes e materiais de reposição; falta de tempo do professor para planejar a realização de atividades como parte do seu programa de ensino; laboratório fechado e sem manutenção. São basicamente as mesmas razões pelas quais os professores raramente utilizam os computadores colocados nas escolas. Muitos deles até se dispõem a enfrentar isso, improvisando

aulas práticas e demonstrações com materiais caseiros, mas acabam se cansando dessa tarefa inglória, especialmente em vista dos poucos resultados que alcançam. É um equívoco corriqueiro confundir atividades práticas com a necessidade de um ambiente com equipamentos especiais para a realização de trabalhos experimentais, uma vez que podem ser desenvolvidas em qualquer sala de aula, sem a necessidade de instrumentos ou aparelhos sofisticados. Os movimentos de reforma curricular nas últimas décadas deram imenso destaque ao ensino no laboratório, como por exemplo, PSSC, e os vários cursos da Nuffield Foundation. Não obstante, o papel que o laboratório deve ter no ensino de ciências, estava longe de ser claro para o professor. Em parte, as dificuldades com as atividades práticas derivam de uma postura equivocada quanto à natureza da Ciência (HODSON, 1988; MILLAR, 1991).

A importância e o prestígio que os professores atribuem ao ensino prático deve-se à popularização, nas últimas décadas, das idéias progressistas ou desenvolvimentistas no pensamento educacional que descendem de Rousseau, Pestalozzi, Spencer, Huxley, Dewey, entre outros (BYBBE; DEBOER, 1996). A idéia central é: qualquer que seja o método de ensino-aprendizagem escolhido, deve mobilizar a atividade do aprendiz, em lugar de sua passividade. Usualmente, os métodos ativos de ensino-aprendizagem são entendidos como se defendessem a idéia de que os estudantes aprendem melhor por experiência direta. Embora verdadeiro em algumas situações, esse entendimento é uma simplificação grosseira, como apontam os trabalhos baseados nas idéias de Dewey, Piaget e Vigotsky, entre outros. O importante não é a manipulação de objetos e artefatos concretos, e sim o envolvimento comprometido com a busca de respostas/soluções bem articuladas para as questões colocadas, em atividades que podem ser puramente de pensamento. Nesse sentido, podemos pensar que o núcleo dos métodos ativos (pode-se até chamá-lo de trabalhos ou atividades práticas, para significar que está orientado para algum propósito) não envolve necessariamente atividades típicas do laboratório escolar.

Atividades de resolução de problemas, modelamento e representação, com simulações em computador, desenhos, pinturas, colagens ou simplesmente atividades de encenação e teatro, cumprem esse papel de mobilizar o envolvimento do aprendiz. Essas atividades apresentam, muitas vezes, vantagens claras sobre o laboratório usual, uma vez que não requerem a simples manipulação, às vezes repetitiva e irrefletida, de objetos concretos, mas de idéias e representações, com o propósito de comunicar outras idéias e percepções. Obviamente, todas elas podem ser associadas a certos aspectos materiais. A materialização de um modelo, de uma representação, de uma encenação, etc., requer objetos que não são necessariamente os mesmos de um trabalho de laboratório. A riqueza desse tipo de atividade está em propiciar ao estudante a oportunidade – e ele precisa estar consciente disso – de trabalhar com coisas e objetos como se fossem outras coisas e objetos, em um

exercício de simbolização ou representação. Ela permite conectar símbolos com coisas e situações imaginadas, o que raramente é buscado no laboratório, expandindo os horizontes de sua compreensão.

II. O laboratório tradicional

Para um país onde uma fração considerável dos estudantes nunca teve a oportunidade de entrar em um laboratório de ciências, pode parecer um contra-senso questionar a validade de aulas práticas, especialmente porque na maioria das escolas elas simplesmente não existem. De fato, há uma corrente de opinião que defende a idéia de que muitos dos problemas do ensino de ciências se devem à ausência de aulas de laboratório. Para os que compartilham dessa opinião, uma condição necessária para a melhoria da qualidade de ensino consiste em equipar as escolas com laboratórios e treinar os professores para utilizá-los. Entretanto, mesmo nos países onde a tradição de ensino experimental está bem sedimentada, a função que o laboratório pode, e deve ter, bem como a sua eficácia em promover as aprendizagens desejadas, têm sido objeto de questionamentos, o que contribui para manter a discussão sobre a questão há alguns anos (veja WOOLNOUGH, 1991; WHITE, 1996).

Dessa discussão, parece resultar uma posição unânime de desaconselhar o uso de laboratórios no esquema tradicionalmente usado, pelo seu impacto negativo sobre a aprendizagem dos estudantes. White comenta que os resultados e conclusões de muitas pesquisas sobre a eficácia dos laboratórios decepcionam, *“pois conflita com teorias e expectativas. Nós preferimos pensar que os laboratórios funcionam porque acrescentam cor, a curiosidade de objetos não-usuais e eventos diferentes, e um contraste com a prática comum na sala de aula de permanecer assentado”* (WHITE, 1996, p.761). No que é denominado laboratório tradicional, o aluno realiza atividades práticas, envolvendo observações e medidas, acerca de fenômenos previamente determinados pelo professor (TAMIR, 1991). Em geral, os alunos trabalham em pequenos grupos e seguem as instruções de um roteiro. O objetivo da atividade prática pode ser o de testar uma lei científica, ilustrar idéias e conceitos aprendidos nas ‘aulas teóricas’, descobrir ou formular uma lei acerca de um fenômeno específico, ‘ver na prática’ o que acontece na teoria, ou aprender a utilizar algum instrumento ou técnica de laboratório específica. Não se pode deixar de reconhecer alguns méritos nesse tipo de atividade: por exemplo, a recomendação de se trabalhar em pequenos grupos, o que possibilita a cada aluno a oportunidade de interagir com as montagens e instrumentos específicos, enquanto divide responsabilidades e idéias sobre o que devem fazer e como fazê-lo; outro é o caráter mais informal do laboratório, em contraposição à formalidade das demais aulas.

As principais críticas que se fazem a essas atividades práticas é que elas não são efetivamente relacionadas aos conceitos físicos; que muitas delas não são relevantes do ponto de vista dos estudantes, já que tanto o problema como o procedimento para resolvê-lo estão previamente determinados; que as operações de montagem dos equipamentos, as atividades de coleta de dados e os cálculos para obter respostas esperadas consomem muito ou todo o tempo disponível. Com isso, os estudantes dedicam pouco tempo à análise e interpretação dos resultados e do próprio significado da atividade realizada. Geralmente, eles percebem as atividades práticas como eventos isolados que têm o objetivo de chegar à ‘resposta certa’ (TAMIR, 1989). Não é surpreendente, assim, que o laboratório seja pouco efetivo em provocar mudanças nas concepções e modelos prévios dos estudantes, em proporcionar uma apreciação sobre a natureza da ciência e da investigação científica e em facilitar o desenvolvimento de habilidades estratégicas (WHITE, 1996; GAGNÉ, 1970). Alguns críticos mais veementes argumentam que, além disso, os laboratórios de ciências são caros, que o uso de equipamentos só encontrados nos laboratórios torna o ensino distante da experiência fora de sala de aula e que a própria complexidade das montagens constitui uma forte barreira para que o estudante compreenda as idéias e conceitos envolvidos nas atividades práticas.

As críticas que se colocam ao modo como essas atividades práticas são tradicionalmente utilizadas nas escolas apontam que, além de sua completa inadequação pedagógica, sua fundamentação epistemológica é equivocada (HODSON, 1988; MILLAR, 1991). Esse quadro não é exclusivo do laboratório; vários dos livros-textos de Física e de ciências mais populares no país sofrem da mesma deficiência (MOREIRA; OSTERMANN; 1993). Essa concepção empirista-indutivista da ciência, a qual Chalmers (1993) denomina de indutivismo ingênuo, assume que o conhecimento científico é a verdade provada ou descoberta que tem origem no acúmulo de observações cuidadosas de algum fenômeno por uma mente livre de pré-concepções e sentimentos que aplica o *método científico* para chegar a generalizações cientificamente válidas. Essa concepção de ciência acaba por conferir um peso excessivo à observação, em detrimento das idéias prévias e imaginação dos estudantes. Além disso, representa o método científico como um algoritmo infalível, capaz de produzir conhecimento cientificamente provado, começando com observações objetivas e neutras, formulação de hipóteses, comprovação experimental e generalização das conclusões. Há dois problemas sérios e sem solução com essa visão.

Em primeiro lugar, essa concepção particular do processo de produção do conhecimento sugere para professores e estudantes que as atividades práticas escolares são da mesma natureza e têm a mesma finalidade que as experimentais e de observação que os cientistas fazem nos seus laboratórios de pesquisa. As atividades

práticas e os experimentos científicos são bem distintos, com objetivos bastante diferentes. O cientista passou anos de sua vida estudando uma determinada área da ciência e quando se prepara para realizar um experimento ou conjunto de experimentos, ele o faz para resolver um problema que o interessa, e para o qual pode estar buscando uma solução há muito tempo. Assim, quando ele realiza um experimento, este vem precedido de muito estudo e reflexão, planejamento e preparação. Nesse período anterior à efetiva concretização do experimento, o cientista toma uma série de decisões para definir e delimitar o que irá fazer e medir/observar, que critérios usará para checar a precisão e a confiabilidade dos resultados, que controles exercerá sobre a situação, entre outras. Em segundo lugar, tendo sido criticada por vários filósofos, como por exemplo Popper, Russel-Hanson, Feyerabend, Kuhn e Toulmin, esta imagem da ciência, que ainda permeia muitos dos nossos livros didáticos de ciências naturais, especialmente aqueles utilizados na Educação Básica, está completamente superada nos círculos acadêmicos há várias décadas.

A aceitação dessas críticas não implica, entretanto, concordar com a argumentação de que as atividades prático-experimentais de ciências são supérfluas, e que elas podem, portanto, ser descartadas para o bem dos professores, dos estudantes e da própria escola, que estes poderiam repensar o aproveitamento do tempo destinado a tais atividades, bem como dos espaços ocupados por salas especiais de laboratório, onde existem. Aliás, da forma como vemos a questão, não há a necessidade de um ambiente especial reservado para tais atividades, com instrumentos e mesas para experiências, mas somente que haja planejamento e clareza dos objetivos das atividades propostas. Segundo Tamir (1991), um dos principais problemas com o laboratório de ciências é que se pretende atingir uma variedade de objetivos, nem sempre compatíveis, com um mesmo tipo de atividade. É certo que, com um mesmo conjunto de materiais, um professor criativo pode planejar várias atividades diferentes com objetivos claramente distintos, como, por exemplo, aprender a usar um instrumento para fazer leituras, obter uma imagem de um fenômeno ainda não observado, aprender estratégias para lidar com os erros e incertezas inerentes ao processo de medição, procurar evidências da existência de alguma relação entre grandezas envolvidas na situação, e outros. Sem dúvida que as atividades práticas podem propiciar ao estudante imagens vividas e memoráveis de fenômenos interessantes e importantes para a compreensão dos conceitos científicos. Através delas, ele pode ser educado para fazer medições corretamente e procurar relações entre variáveis.

A questão que se coloca é: o laboratório pode ter um papel mais relevante para a aprendizagem escolar? Se pode, de que maneira ele deve ser organizado? A resposta para a primeira questão é sem dúvida afirmativa: o

laboratório pode, e deve, ter um papel mais relevante para a aprendizagem de ciências. O fato de estarmos insatisfeitos com a qualidade da aprendizagem, não só de ciências, sugere que todo o sistema escolar deve ser continuamente repensado. Com raras exceções, não se cogita a extinção da escola, por causa de suas dificuldades. Da mesma forma, o que precisamos é encontrar novas maneiras de usar as atividades prático-experimentais mais criativa e eficientemente e com propósitos bem definidos, mesmo sabendo que isso apenas não é solução para os problemas relacionados com a aprendizagem de ciências.

A ciência, em sua forma final, se apresenta como um sistema de natureza teórica. Contudo, é necessário que procuremos criar oportunidades para que o ensino experimental e o ensino teórico se efetuem em concordância, permitindo ao estudante integrar conhecimento prático e teórico. Descartar a possibilidade de que os laboratórios têm um papel importante no ensino de ciências significa destituir o conhecimento científico de seu contexto, reduzindo-o a um sistema abstrato de definições, leis e fórmulas. Muito do que se faz nas aulas de Física em nossas escolas de ensino médio e universidades assemelha-se a isso, preocupando-se mais com a apresentação das definições, conceitos e fórmulas que os alunos memorizam para resolver exercícios. Sem dúvida que as teorias físicas são construções teóricas e expressas em forma matemática; mas o conhecimento que elas carregam só faz sentido se nos permite compreender como o mundo funciona e porquê as coisas são como são e não de outra forma. Isso não significa admitir que podemos adquirir uma compreensão de conceitos teóricos através de experimentos, mas que as dimensões teórica e empírica do conhecimento científico não são isoladas. Não se trata, pois, de contrapor o ensino experimental ao teórico, mas de encontrar formas que evitem essa fragmentação no conhecimento, para tornar a aprendizagem mais interessante, motivadora e acessível aos estudantes.

III. Os objetivos do laboratório

Mesmo em locais com forte tradição de ensino experimental, por exemplo, nos cursos superiores e cursos das escolas técnicas, quase nunca ocorre o planejamento sistemático das atividades, com a explicitação e discussão dos objetivos de tal ensino. A formulação de um planejamento para as atividades de ensino, quando existe, destina-se mais a atender às demandas burocráticas do que explicitar as diretrizes de ação do professor e dos estudantes, ao longo de um curso. Assim, o professor trabalha quase sempre com objetivos de ensino pouco claros e implícitos, confiando em sua experiência anterior com cursos similares. Com isso, os estudantes não percebem outros propósitos para as atividades práticas que não os de verificar e comprovar fatos e leis científicas. Isso é determinante na sua compreensão acerca da

natureza e propósitos da ciência (HODSON, 1988), e também da importância que eles atribuem às atividades experimentais. Alguns dos objetivos implícitos que os professores e estudantes tradicionalmente associam aos laboratórios de ciências serão discutidos a seguir.

III.1 Verificar/comprovar leis e teorias científicas

Este objetivo é enganoso, pois o sucesso da atividade é garantido de antemão por sua preparação adequada. O teste que se pretende fazer é, em geral, de um aspecto específico de uma lei ou teoria, e não de seus fundamentos. Hodson (1988) aponta que, como consequência, o estudante tende a exagerar a importância de seus resultados experimentais, além de originar um entendimento equivocado da relação entre teoria e observação. Outro aspecto é que ele logo percebe que sua ‘experiência’ deve produzir o resultado previsto pela teoria, ou que alguma regularidade deve ser encontrada. Quando ele não obtém a resposta esperada, fica desconcertado com seu erro, mas, se percebe que o ‘erro’ pode afetar suas notas, ele intencionalmente ‘corrige’ suas observações e dados para obter a ‘resposta correta’, e as atividades experimentais passam a ter o caráter de um jogo viciado. Infelizmente este é daquele tipo de jogo que se aprende a jogar muito rapidamente. Muitas vezes, os próprios professores são vítimas desse raciocínio, e sentem-se inseguros quando as atividades que propõem não funcionam como esperavam, passando a evitá-las no futuro porque ‘não dão certo’. As causas do erro não são investigadas e uma situação potencialmente valiosa de aprendizagem se perde, muitas vezes, por falta de tempo. Nesse sentido, o que se consegue no laboratório é similar ao que se aprende na sala de aula, onde o resultado se torna mais importante que o processo, em detrimento da aprendizagem.

III.2 Ensinar o método científico

Muitas vezes, o que o professor deseja é que o aluno aprenda ou adquira uma apreciação sobre o método científico e a natureza da ciência. A compreensão subjacente é a de que fazer ciência significa descobrir fatos e leis pela aplicação de um método experimental indutivo, e fazer invenções. A motivação para a atividade experimental dos cientistas é verificar se suas próprias idéias estão corretas. Tal concepção assume que existe um único método científico que pode ser adequadamente representado como uma seqüência de etapas, como um algoritmo. Essa concepção do papel das atividades práticas e as suas consequências para a aprendizagem de ciências foram discutidas por vários autores (HODSON, 1986; MILLAR, 1991; MOREIRA; OSTERMANN, 1993). Ela assume que a atividade

experimental é essencial à ciência e que a observação e a experimentação fornecem dados puros, verdadeiros e objetivos, e, por isso mesmo, confiáveis, em vista de sua independência de quaisquer idéias teóricas do observador, ou seja, está apoiada na idéia de que qualquer observador não tendencioso registrará as mesmas observações sobre aquela parte da realidade para a qual ele volta sua atenção. A essência daquela parte observada da realidade descortina-se e impõe-se da mesma forma para todos os observadores com esse perfil.

Há uma ingenuidade inerente a esse entendimento que consiste em assumir que os dados são imediatos, no sentido de que são lidos diretamente da parcela observada do mundo, e não problemáticos. Tudo o que o cientista precisa fazer é selecionar quais os fenômenos ou aspectos da realidade deseja investigar e, então, aplicar o método científico. A natureza/realidade se encarregará de produzir as respostas do tipo sim/não para as suas indagações (HODSON, 1986). A descoberta científica assemelha-se assim (para usar uma analogia mais acessível) à descoberta de novas terras pelos treinados navegantes de uns poucos séculos atrás, com uma pequena frota e tripulação (ou mesmo um barco isolado), perscrutando os mares pouco navegados, com olhos atentos para os indícios de novas terras e ilhas, como pássaros e raízes e troncos nas águas. Alguns podiam até tardar em conseguir sucesso, mas as terras e ilhas desconhecidas estavam lá, a espera de algum descobridor atento e destemido. Esta concepção assume também que os professores e estudantes percebem o propósito de um experimento escolar em ciências de forma clara, igual e inequívoca, o que os conduzirá à descoberta de novos fatos e leis, conforme prescrito pelo roteiro de atividades.

Há várias décadas, é amplamente questionada a idéia de que a descoberta seja um processo, ou um conjunto hierárquico de processos lógicos. Apesar de que os informes e relatos das descobertas científicas, especialmente como apresentado nos livros escolares e pelos meios de comunicação, sugiram para o leigo que as descobertas científicas resultam do acúmulo de vastos conjuntos de observações detalhadas e repetidas acerca de um fenômeno segundo as prescrições do método científico, ou então resultem de idéias inspiradas de mentes geniais, o processo é bem diferente disso. Os cientistas utilizam métodos, mas isso não significa que haja *um método científico* que determine exatamente como fazer para produzir conhecimento. O laboratório pode proporcionar excelentes oportunidades para que os estudantes testem suas próprias hipóteses sobre fenômenos particulares, para que planejem suas ações, e as executem, de forma a produzir resultados dignos de confiança. Para que isso seja efetivo, deve-se programar atividades de explicitação dessas hipóteses antes da realização das atividades. Faz-se também necessário que os professores enfatizem as diferenças entre os experimentos realizados no laboratório escolar, com fins pedagógicos, e a investigação empírica realizada por cientistas. É necessária uma

análise mais cuidadosa da relação entre observação, experimento e teoria (CHALMERS, 1993). Além disso, devem encorajar a discussão aberta das limitações e suposições que permeiam cada atividade no laboratório escolar.

III.3 Facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos

Para se alcançar este objetivo recomenda-se que a atividade concentre-se apenas nos aspectos desejados, com um planejamento cuidadoso que considere as idéias prévias dos estudantes a respeito da situação estudada, o tempo necessário para completar a atividade, as habilidades requeridas e aspectos ligados à segurança (HODSON, 1988). Ao desenvolver tais atividades, o professor deve ter em mente que aquilo que qualquer pessoa observa depende fortemente de seu conhecimento prévio e de suas expectativas (HANSON, 1958; CHALMERS, 1993). Em um laboratório tradicional, com atividades realizadas sob a orientação do professor e seguindo os roteiros fornecidos, pode-se acreditar que tal objetivo possa ser conseguido. Mas não se pode tomar como certo que se todos os membros de um grupo vêem o mesmo fenômeno, todos o interpretem da mesma forma ou aceitem a validade e legitimidade das observações (GUNSTONE, 1991). O fato de um estudante realizar uma atividade adequadamente planejada não garante que ele aprenda aquilo que era pretendido.

Essas considerações sugerem a necessidade de atividades pré e pós-laboratório, para que os alunos explicitem suas idéias e expectativas, e discutam o significado de suas observações e interpretações. Antes de realizar a atividade prática, deve-se discutir com eles a situação ou fenômeno que será tratado. Pode-se pedir que escrevam suas previsões sobre o que deve acontecer e justificá-las. Na fase pós-atividade, faz-se a discussão das observações, resultados e interpretações obtidos, tentando reconciliá-las com as previsões feitas. Aqui é o momento de se discutir as falhas e limitações da atividade prática (GUNSTONE, 1991).

Uma vez que os estudantes não são desafiados a explorar, desenvolver e avaliar as suas próprias idéias, e os currículos de ciências não oferecem oportunidades para a abordagem de questões acerca da natureza e propósitos da ciência e da investigação científica (CAREY et al, 1989), a forma de trabalhar proposta proporciona o contexto adequado para a discussão desse tipo de questão.

III.4 Ensinar habilidades práticas

A aquisição de habilidades práticas e técnicas de laboratório é um objetivo que pode e deve ser almejado nas atividades. Há, entretanto, um certo grau de confusão sobre o que realmente são. Para alguns, trata-se de habilidades cognitivas relacionadas com os processos básicos da ciência. Vários currículos de ciências

desenvolvidos nos Estados Unidos, Canadá e Europa adotaram tal perspectiva, buscando ensinar ou desenvolver certas habilidades gerais e independentes do contexto, tais como fazer observações, classificar, prever, formular hipóteses que poderiam, então, ser aplicadas em outros contextos. Há uma forte crítica acerca da possibilidade de transferência destas habilidades entre contextos distintos, da necessidade e mesmo da possibilidade de se ensiná-las (MILLAR; DRIVER, 1987; MILLAR, 1988).

O argumento utilizado é que são processos cognitivos gerais que as pessoas empregam desde muito cedo, e que associá-las com os processos da ciência é o mesmo que insistir em uma concepção ultrapassada da atividade científica. Como Millar e Driver (1987) argumentam, pode-se desejar que *“as crianças aprendam a observar cuidadosamente, a notar detalhes, a fazer observações relevantes”*. Entretanto, o que é ou não relevante depende das expectativas e idéias prévias de cada um acerca de um fenômeno. Não existe algo relevante em uma situação ou fenômeno, independentemente de quem o observa, ou formula hipóteses sobre ele.

Millar (1988; 1991) argumenta que há um conjunto de habilidades práticas ou técnicas básicas de laboratório que vale a pena ser ensinado, como por exemplo, aprender a usar equipamentos e instrumentos específicos, medir grandezas físicas e realizar pequenas montagens, que dificilmente o estudante tem oportunidade de aprender fora do laboratório escolar. Dentro de cada laboratório há um conjunto básico de técnicas que pode ser ensinado e que forma uma base experiencial sobre a qual os estudantes podem construir um sistema de noções que lhes permitirão relacionar-se melhor com os objetos tecnológicos do cotidiano. Além delas, existem as chamadas técnicas de investigação (MILLAR, 1991); são ferramentas importantes e úteis para qualquer cidadão e relacionam-se com a obtenção de conhecimento e a sua comunicação. Por exemplo: repetir procedimentos para aumentar a confiabilidade dos resultados obtidos, aprender a colocar e a obter informação de diferentes formas de representação – como diagramas, esquemas, gráficos, tabelas, etc. Muitas dessas habilidades são utilizadas inconscientemente por todas as pessoas e se refletem nas decisões e procedimentos que cada um de nós toma ou se utiliza ao resolver problemas ou ao lidar com situações práticas. Elas fazem parte do nosso arsenal de estratégias de pensamento informal que toda a pessoa inteligente deveria estar apta a empregar em qualquer situação. Embora possam ser desenvolvidas através da escolarização, não são necessariamente vinculadas à aprendizagem de ciências. A organização das atividades para se conseguir tais objetivos dependerá do conhecimento que os estudantes já possuem. Por exemplo, se o objetivo é que os alunos, sem nenhum conhecimento anterior, aprendam a utilizar corretamente o voltímetro e o amperímetro, então, uma atividade orientada pelo professor e baseada em um roteiro pode ser a melhor alternativa. Se, ao contrário, eles já têm algum

conhecimento em circuitos elétricos, provavelmente é melhor que eles aprendam a partir do estudo dos manuais técnicos que acompanham os equipamentos.

IV. Alternativas para o laboratório escolar

As pesquisas sobre ensino-aprendizagem de ciências produziram evidências de que as crianças trazem para a escola um conjunto de concepções sobre vários aspectos do mundo, mesmo antes de qualquer introdução à ciência escolar. Essas concepções alternativas são adquiridas a partir de sua inserção na cultura comum e da experiência cotidiana com fenômenos e eventos, e, freqüentemente, interferem com a aprendizagem das idéias científicas. A psicologia cognitiva tem contribuído, junto com a pesquisa em ensino e aprendizagem de ciências, para a análise da prática educacional. Entretanto, pela própria complexidade da questão, o que tem sido possível fazer é a obtenção de diretrizes muito genéricas sobre como ensinar e como contribuir para a aprendizagem escolar, o que é ainda muito distante das expectativas excessivamente otimistas da década de 50 (COLL, 1987). Uma dessas recomendações, a qual exprime a idéia básica das concepções construtivistas – a de que o aluno constrói seu próprio conhecimento através da ação – é a de que os processos educacionais devem respeitar e favorecer a atividade do estudante, e que esta deve ser o centro do processo de aprendizagem. Algumas vertentes do construtivismo argumentam que qualquer atividade pedagógica só tem valor se tiver origem no aprendiz e se este detiver pleno controle das ações, para justificar uma forma de ativismo empirista. Como Coll aponta,

pouco importa que esta atividade consista de manipulações observáveis ou em operações mentais que escapem ao observador; pouco importa também que responda total ou parcialmente à iniciativa do aluno, ou que tenha sua origem no incentivo e nas propostas do professor. O essencial é que se trate de uma atividade cuja organização e planejamento fique a cargo do aluno (1987, p. 187).

O trabalho no laboratório pode ser organizado de diversas maneiras, desde demonstrações até atividades prático-experimentais dirigidas diretamente pelo professor ou indiretamente, através de um roteiro. Todas podem ser úteis, dependendo dos objetivos que o professor pretende com a realização das atividades propostas. Uma alternativa que temos defendido há mais de uma década, e mais recentemente temos investigado e utilizado com nossos alunos, consiste em estruturar as atividades de laboratório como investigações ou problemas práticos mais abertos, que os alunos devem resolver sem a direção imposta por um roteiro fortemente estruturado ou por instruções verbais do professor. Um problema, diferentemente de

um exercício experimental ou de um de fim de capítulo do livro-texto, é uma situação para a qual não há uma solução imediata obtida pela aplicação de uma fórmula ou algoritmo. Pode não existir uma solução conhecida por estudantes e professores ou até ocorrer que nenhuma solução exata seja possível. Para resolvê-lo, tem-se que fazer idealizações e aproximações. Diferentemente, um exercício é uma situação perturbadora ou incompleta, mas que pode ser resolvida com base no conhecimento de quem é chamado a resolvê-lo.

<i>Aspectos</i>	Laboratório Tradicional	Atividades Investigativas
<i>Quanto ao grau de abertura</i>	Roteiro pré-definido ←	Variado grau de abertura →
	Restrito grau de abertura	Liberdade total no planejamento
<i>Objetivo da</i>	Comprovar leis	Explorar fenômenos
<i>Atitude do estudante</i>	Compromisso com o resultado	Responsabilidade na investigação

Fig. 1 - Contínuo problema-exercício.

O que julgamos importante á chamar a atenção para o fato de que uma situação, percebida como um problema por uma pessoa, pode ser entendida como um mero exercício por outra. De qualquer forma, para resolver um problema, um estudante deve fazer mais que simplesmente lembrar-se de uma fórmula ou de uma situação similar que conseguiu resolver. Nesse sentido, um problema é um desafio proposto para o aluno, e pode ser expresso em diferentes níveis: desde um problema completamente ‘fechado’ até um ‘aberto’ (GARRET, 1988). No primeiro caso, o problema, os procedimentos e recursos são dados pelo professor, livro ou roteiro, ficando para o aluno a tarefa de colher dados e tirar as conclusões. Ao contrário, em uma investigação aberta, cabe a ele toda a solução, desde a percepção e geração do problema; sua formulação em uma forma suscetível de investigação; o planejamento do curso de suas ações; a escolha dos procedimentos, a seleção dos equipamentos e materiais, a preparação da montagem experimental, a realização de medidas e observações necessárias; o registro dos dados em tabelas e gráficos; a interpretação dos resultados e enumeração das conclusões. A Fig. 1 representa as atividades investigativas e o laboratório tradicional, contrastando-os segundo três aspectos: o grau de abertura, o objetivo da atividade e a atitude do estudante em relação a ela. O que denominamos ‘grau de abertura’ indica o quanto o professor ou o roteiro que ele fornece especifica a tarefa.

A Fig. 1 sugere, quanto ao aspecto abertura, a existência de um contínuo, cujos extremos seriam: exercícios, de um lado, e problemas completamente abertos, do outro. Entre esses dois extremos, que determinam quem tem o controle ou a responsabilidade por certas etapas da atividade prática, há um número de possibilidades com divisão dessas tarefas entre o professor e os estudantes. Outra forma de entender essa distinção entre problema fechado e aberto foi proposta por Tamir (1991), baseada em estudos anteriores e apresentada na Fig. 2. Ele propõe a categorização das atividades investigativas em quatro níveis, de acordo com a Fig. 2. No nível 0, o qual corresponde aproximadamente ao extremo de ‘problema fechado’, são dados o problema, os procedimentos e aquilo que se deseja observar/verificar, ficando a cargo dos estudantes coletar dados e confirmar ou não as conclusões. No nível 1, o problema e procedimentos são definidos pelo professor, através de um roteiro, por exemplo. Ao estudante cabe coletar os dados indicados e obter as conclusões. No nível 2, apenas a situação-problema é dada, ficando para o estudante decidir como e que dados coletar, fazer as medições requeridas e obter conclusões a partir deles. Finalmente, no nível 3 – o mais aberto de investigação – o estudante deve fazer tudo, desde a formulação do problema até chegar às conclusões.

Nível de Investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
Nível 0	Dados	Dados	Dados
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fig.2- Níveis de investigação no laboratório de ciências.

Um sistema de categorias, mesmo simples como esse, serve como um organizador de nosso entendimento do que está envolvido no grau de abertura de uma situação-problema. Como exemplo de um problema de nível 2, considere a situação a seguir, que realizamos recentemente com todas as turmas do primeiro ano de ensino médio, trabalhando em grupos de 3 ou 4 estudantes cada, como uma atividade normal de laboratório durante o estudo de cinemática. A Fig. 3 reproduz o esquema apresentado aos alunos. O problema foi especificado e a montagem previamente preparada, mas não fornecemos indicação do que e como deveria ser medido, portanto parecia correto nosso entendimento de que se tratava de um problema de nível 2. Após uma fase rápida de planejamento do grupo, praticamente todos decidiram por medir a altura máxima que a bolinha atingia ou o tempo necessário para ela atingir o ponto de maior altura. A partir dos valores obtidos, eles usaram uma das equações para movimento com aceleração constante, por exemplo, a equação de Torricelli, para determinar V_0 . Apesar de simples, a atividade propiciou discussões sobre como medir a altura máxima alcançada pela bolinha, a pouca acuracidade

conseguida na medida do tempo (eles facilmente conectaram isso com o tempo de reação deles – atividade que já haviam feito anteriormente), e a necessidade do experimento ser replicado. Nem todos os grupos conseguem imaginar um caminho para solucionar o problema dentro do período do laboratório, e recorrem ao professor ou aos seus colegas, em busca de sugestões de procedimento. Para esses grupos, não podemos dizer que a atividade é um problema de nível 2, mas talvez de nível 1.

Um curso baseado em investigações apresenta a característica única de combinar processos, conceitos e procedimentos na solução de um problema. Vários estudos foram realizados em nosso grupo procurando compreender as dificuldades que os estudantes, com e sem experiência pessoal com trabalhos práticos escolares, enfrentam ao formular um problema a partir de uma situação proposta a eles, em planejar a sua solução e executá-la. Nosso aprendizado a partir dessas pesquisas sugere que uma atividade aberta pode ser muito difícil para alunos sem conhecimento de conteúdo e sem experiência anterior com laboratório. No entanto, temos evidências de que, mesmo sem conhecimento específico sofisticado e experiência com aulas de laboratório, conseguem formular problemas mais simples e planejar a sua solução em laboratório.

Desafio prático

Um lançador de projéteis, consistindo de uma mola comprimida por um êmbolo dentro de um tubo de pvc, como o mostrado ao lado, lança uma pequena bola verticalmente para cima com uma velocidade inicial V_0 . Como você faria para determinar essa velocidade inicial? Planeje um experimento que lhe permita fazer isto.

Utilize a montagem do lançador de projéteis e faça as medidas que julgar necessárias para resolver esse problema. Escreva em seu relatório o procedimento utilizado, os valores das medidas que você fez e o valor encontrado para a velocidade inicial.

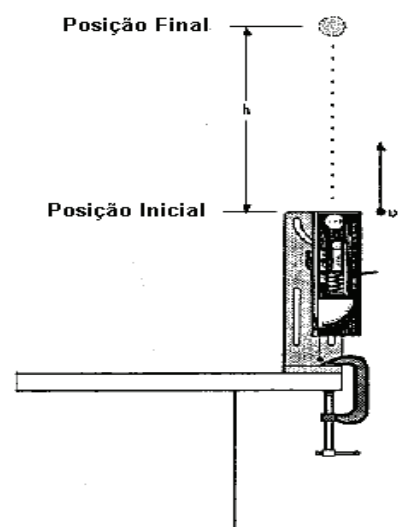


Fig. 3 - Exemplo de um problema para estudantes do 1º ano do ensino médio.

O entendimento e formulação de um problema são as atividades que mais exigem dos alunos, que, muitas vezes, só conseguem entender o que devem fazer e formular o problema de maneira mais ou menos clara, depois de passar várias vezes pelas mesmas etapas. De qualquer forma, o processo todo de formulação, planejamento e solução, não parece ser linear. Apesar de demandar atenção e auxílio

do professor, essa forma de organização da atividade prática captura a atenção dos estudantes e melhora seu envolvimento com ela. Durante as etapas de resolução do problema, há ciclos de realimentação para as etapas anteriores, vindas da percepção da necessidade de mudanças no planejamento, na formulação do problema ou nas técnicas experimentais utilizadas. Nossos estudos anteriores com alunos conduzindo atividades investigativas produziram evidências de que estas etapas não ocorrem seqüencialmente e independentemente umas das outras, mas que ao contrário, acontecem concomitantemente e de forma recursiva, conforme ilustra a Fig. 4. Isso nos alerta para o fato de que, ao investigar como os alunos resolvem problemas e desafios, não devemos esperar reconhecer essas etapas nitidamente, nem observar progressos rápidos e espetaculares em seu desempenho e em sua autonomia. Podemos nos perguntar se vale o esforço; continuamos acreditando que sim, mas não nos iludamos, pois ensinar e aprender a pensar criticamente é difícil e requer tempo.

Baseados nisso, sugerimos que as investigações devam ser inicialmente simples e feitas em pequenos grupos, embora com um sentido claro de progressão ao longo do curso. Idealmente deveriam ser introduzidas já no ensino fundamental. Nossos dados de pesquisa sugerem que alunos de sexta série em diante estão aptos a realizar atividades desse tipo. A programação destas deve também levar em conta tanto sua experiência com atividades do mesmo tipo, como o conhecimento referente ao tópico a ser investigado. Quando este for pouco conhecido, pode-se recorrer a consultas a livros ou a materiais especialmente preparados para apresentá-lo aos estudantes. O professor atua como um mediador entre o grupo e a tarefa, intervindo nos momentos em que há indecisão, falta de clareza ou consenso. Seu objetivo deve ser deixar que o grupo, progressivamente, assuma maior controle sobre sua atividade. Entretanto e, principalmente, ao iniciar cada tema novo, o professor deve monitorar mais cuidadosamente o seu progresso. Essa é uma atividade que demanda muito esforço do professor, especialmente se há muitos grupos em sua turma.

Defendemos que essas abordagens deveriam ser adotadas na formação de professores. Os licenciandos precisam exercitar o planejamento, a preparação e a execução de atividades mais abertas, se desejamos que eles venham a adotá-las em suas aulas no futuro. Como exemplo, considere o problema de determinar que tipo de material de um dado conjunto é melhor para confecção de roupas de frio. Uma maneira de resolver a questão seria envolver um recipiente, contendo uma certa quantidade de água gelada, com amostras de cada um dos materiais do conjunto especificado, e determinar o tempo gasto para a temperatura da água subir até um valor estabelecido, como consequência da troca de calor com o ambiente em volta. Dessa forma, está se determinando que material fornece a melhor isolamento térmica. Os estudantes podem, no entanto, interpretar isso em termos de concepções alternativas, concluindo que naquele caso em que a temperatura da água subir até o

valor desejado mais rapidamente é que se tem o melhor material, isto é, o que aquece mais. Foi exatamente o que aconteceu quando propusemos a uma turma de professores de ciências, em uma disciplina de um curso de especialização, que pensassem como este problema poderia ser solucionado. Eles chegaram à mesma solução errada, embora muito comum, pois está em acordo com as concepções prévias dos alunos e deles próprios. Ao serem questionados sobre o significado das conclusões que um aluno poderia formular a partir dos resultados conseguidos dessa forma, os professores perceberam a inadequação do procedimento para uso na sala de aula. As discussões que se seguiram, visando a sua modificação, para evitar a possibilidade de reforçar as concepções iniciais dos estudantes, foram ricas e fizeram emergir algumas das dificuldades dos próprios professores, tanto com o tópico, quanto com o planejamento de atividades de laboratório.

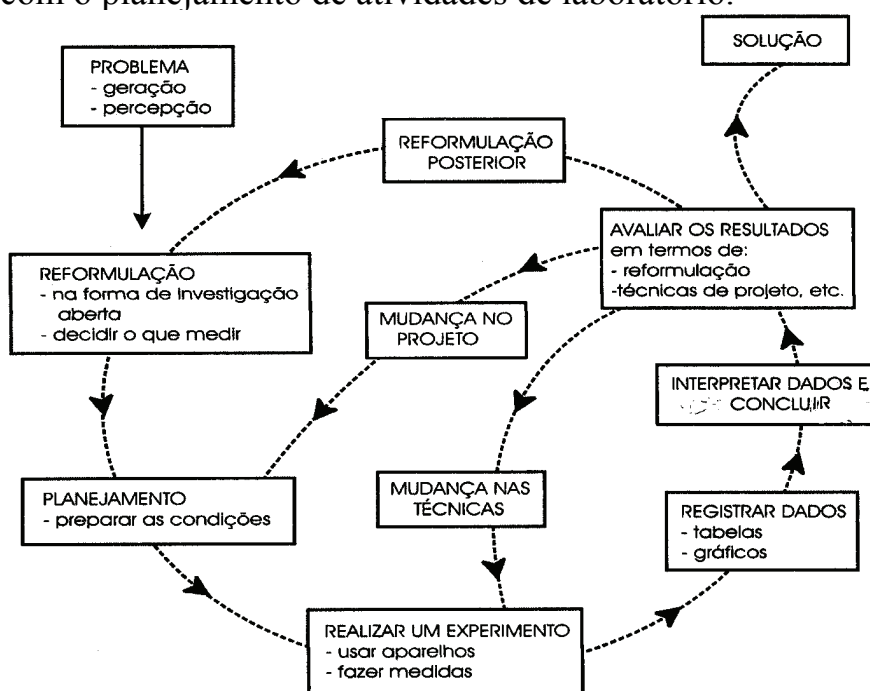


Fig. 4 - Esquema de solução de um problema.

Uma mudança na maneira de resolver o problema tornou-se necessária: repetir o procedimento, mas agora começando com água da torneira à temperatura ambiente, em lugar de gelada. A seguir, repetiu-se o processo utilizando água quente e medindo-se quanto tempo é necessário em cada caso para a temperatura cair, por exemplo, dez graus. Essas modificações forneceram muitas oportunidades para se discutir as concepções prévias dos estudantes sobre o fenômeno investigado e avaliar as suas possíveis soluções.

Outras alternativas que têm o potencial de propiciar aos alunos atividades relevantes e motivadoras, que os desafiem a utilizar suas habilidades cognitivas para construir modelos mais robustos, capazes de dar sentido às suas

experiências com o mundo, envolve o uso de simulações em computador e os laboratórios investigativos baseados em computadores combinados com sensores de vários tipos. O computador não é usado apenas como uma ferramenta convencional para exibir animações, fazer gráficos e para o tratamento estatístico de dados observacionais, mas com interfaces apropriadas para a aquisição e exibição de dados em tempo real. Sistemas desse tipo são usados em algumas escolas exatamente da mesma forma que os equipamentos tradicionais; a pouca novidade fica por conta do uso dos de alta tecnologia. Em princípio, um sistema desse tipo não determina o que deve ser investigado, nem os passos de uma investigação, mas temos defendido que pode mudar o papel do estudante, se as atividades forem pensadas de forma adequada. Em um laboratório investigativo baseado em microcomputador, a coleta de dados pode ser feita em tempo real, de forma rápida, e pode ser repetida muitas vezes, se necessário. Em situações que ela é lenta com material convencional (por exemplo, coletar dados de intensidade da corrente ou diferença de potencial durante a carga ou descarga de um capacitor ou construir uma tabela de posição em função do tempo para um dado movimento), pode ser feita rápida e facilmente, com a aquisição automática de dados.

Atualmente, há interfaces para ambiente Windows e calculadoras de bolso, além de uma variedade enorme de sensores para detectar e medir a temperatura, velocidade, posição, aceleração, força, pressão, intensidade luminosa, condutividade térmica, umidade relativa do ar, pressão sanguínea, pH e várias outras grandezas. Nos últimos anos, o custo desses equipamentos caiu muito e eles passaram a ser alternativas competitivas com os equipamentos convencionais de laboratório. Os softwares de controle dispõem de muitos recursos, tais como exibição automática de diferentes formas de gráficos, controle da interface via software, ajustes de escalas, tabelas, recursos de ajuste de curvas a um conjunto de pontos, entre outros. Nossa experiência indica que os estudantes aprendem rapidamente a usar os recursos básicos do sistema. O uso de laboratório baseado em computador permite que o estudante dedique menos tempo à coleta e apresentação dos dados; com isso, ele dispõe de mais tempo para o controle de outras partes do processo, como o planejamento da atividade, a seleção do que medir, execução da investigação e interpretação e avaliação dos resultados. Além disso, esses recursos permitem a execução de investigações em tempo real, bem como a pronta alteração do planejamento, caso seja necessário, o que freqüentemente é o caso numa investigação. Possibilitam também que situações mais complexas, como por exemplo as que envolvem grande número de variáveis ou as que acontecem muito rapidamente para serem observadas por meios convencionais, possam ser estudadas no laboratório, sob diferentes condições.

A posição que defendemos não é a de mera adesão a um modismo ou a de investir em aquisição automática de dados por causa do apelo das novas

tecnologias. A mera escolha de equipamentos alternativos ou o uso de laboratórios baseados em computador não resolve os problemas relacionados com a aprendizagem de ciências a partir de atividades prático-experimentais. A clareza sobre o que se pretende conseguir com o uso do laboratório, orientada pela pesquisa educacional, continua sendo tão importante quanto o é no laboratório convencional. Nosso ponto central é: mesmo onde as atividades práticas são comuns, onde já existe uma tradição de aulas de laboratório, em geral, acabam se tornando improdutivas ou rotineiras, pois o currículo propõe metas não factíveis para o laboratório escolar. Além disso, quase sempre o manuseio dos objetos e equipamentos e a coleta de dados passam a ser vistos, por professores e alunos, como as atividades mais importantes. Sobra muito pouco tempo e esforço para refletir, discutir e tentar ajudar os alunos a compreender o significado e implicações das observações que fizeram e os resultados que obtiveram.

IV. Conclusões

Há evidências de pesquisas sugerindo que o uso de computadores como ferramentas de laboratório oferece novas maneiras para ajudar os estudantes na construção de conceitos físicos (LINN; SONGER; LEWIS; STERN, 1993) e permite o planejamento de seus próprios experimentos. Ambientes desse tipo fornecem oportunidades para propor e refinar questões, fazer e testar previsões, formular planos para experimentos, coletar e analisar dados, além de contribuir para reforçar a habilidade em interpretar gráficos e resultados (LINN; LAYMAN; NACHMIAS, 1987). Pelo fato de serem interativos e por ligarem experiências concretas de coleta de dados com a sua representação simbólica em tempo real, os laboratórios baseados em computadores deixam mais tempo para os estudantes se dedicarem a atividades mais centrais para o pensamento crítico, para a solução de problemas e o monitoramento de suas ações e pensamento, para modelar soluções e testá-las, em lugar de apenas responderem às questões levantadas pelo professor.

O laboratório de ciências fornece uma base fenomenológica sobre fenômenos e eventos que se contrapõem à percepção desordenada do cotidiano. O argumento aqui desenvolvido é simples: a introdução de atividades práticas nos cursos de Física e de Ciências não resolve as dificuldades de aprendizagem dos estudantes, se continuarmos a tratar o conhecimento científico e suas observações, vivências e medições como fatos que devem ser memorizados e aprendidos, ao invés de como eventos que requerem explicação. Apontamos também que alguns dos objetivos, pretendidos por professores e autores de materiais de ensino, derivam de concepções equivocadas acerca da natureza dos processos de aprendizagem e de produção de conhecimento cientificamente válido. Para que as atividades práticas

sejam efetivas em facilitar a aprendizagem, devem ser cuidadosamente planejadas, levando-se em conta os objetivos pretendidos, os recursos disponíveis e as idéias prévias dos estudantes sobre o assunto.

Recomenda-se que o professor utilize-se de atividades pré-laboratório para clarificar os objetivos pretendidos, idéias iniciais dos estudantes e suas expectativas acerca do fenômeno estudado. Após a atividade prática, recomenda-se a discussão dos resultados obtidos, bem como as limitações da atividade. Para evitar que os estudantes adquiram uma concepção errônea do que é feito nos laboratórios, é necessário que o professor distinga claramente as atividades práticas para fins pedagógicos da investigação experimental executada por cientistas. Além disso, é urgente que livros-texto e os cursos de formação de professores nos vários níveis passem a se preocupar mais com as imagens sobre a natureza da ciência que, implícita ou explicitamente, transmitem aos docentes e estudantes de ciências.

V. Referências Bibliográficas

BYBEE, R. W.; DEBOER, G. E. Research on goals for the science curriculum. In: GABEL, D. L. (ed.) **Handbook of Research on Science Teaching and Learning**. National Science Teachers Association. New York: McMillan Pub, 1996. p.357-387.

CAREY, S. et al. An experiment is when you try it and see if works. **International Journal of Science education**, v. 11, n. 5, p. 514-529, 1989.

CHALMERS, A. F. **O que é a ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

COLL, C. As contribuições da psicologia para a educação: Teoria genética e aprendizagem escolar. In: LEITE, L. B.; MEDEIROS, A. A. (org.) **Piaget e a Escola de Genebra**. São Paulo: Cortez, 1987. p. 164-197.

GAGNÉ, R. M. **The Conditions of Learning**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1970.

GARRET, R. M. Problem solving in science education. **Studies in Science Education**, v. 13, p. 70-95, 1988.

GUNSTONE, R. Reconstructing theory from practical work. In: WOOLNOUGH, B. (ed.) **Practical Science**. Milton Keynes: Open University Press, 1991. p. 67-77.

HANSON, N. R. **Patterns of Discovery**. Cambridge: Cambridge University Press, 1958.

HODSON, D. The nature of scientific observation. **School Science Review**, v. 68, p. 17-29, 1986.

HODSON, D. Towards a philosophically more valid science curriculum. **Science Education**, v. 72, n. 1, 1988.

LINN, M. C.; LAYMAN, J. W.; NACHMIAS, R. Cognitive consequences of microcomputer-based laboratories: graphing skills development. **Contemporary Educational Psychology**, v. 12, n. 3, p. 244-253, 1987.

LINN, M. C.; SONGER N. B.; LEWIS, E. L.; STERN, J. Using technology to teach thermodynamics: achieving integrated understanding. In: FERGUSSON, D. L. (ed.) **Advanced educational technologies for mathematics and science**. Berlin: Springer-Verlag, 1993. p. 5-60.

MEC **PCN Ensino Médio**. Brasília: SEMTEC/MEC, 1999.

MILLAR, R.; DRIVER, R. Beyond processes. **Studies in Science Education**, v. 14, p. 33-62, 1987.

MILLAR, R. A means to an end: the role of process in science education. In: WOOLNOUGH, B. (ed.) **Practical Science**. Milton Keynes: Open University Press, 1991. p. 43-52.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 10, n. 2, p. 108-117, 1993.

MURPHY, P. Insights into pupil's responses to practical investigations from the APU. **Physics Education**, v. 23, p. 331-336, 1988.

OCDE The OCDE Programme for International Student Assessment, Pisa, 2001. Disponível em: <<http://www.Pisa.OCDE.org>>.

TAMIR, P. Training teachers to teach effectively in the laboratory. **Science Education**, v. 73, p. 59-70, 1989.

TAMIR, P. Practical work at school: An analysis of current practice. In: WOOLNOUGH, B. (ed.) **Practical Science**. Milton Keynes: Open University Press, 1991.

THORNTON, R. K. Tools for scientific thinking: microcomputer-based laboratories for physics teaching. **Physics Education**, v. 22, p. 230-238, 1987.

WHITE, R. F. The link between the laboratory and learning. **International Journal of Science Education**, v. 18, n. 7, p. 761-774, 1996.

WOOLNOUGH, B. (ed.) **Practical Science**. Milton Keynes: Open University Press, 1991.