

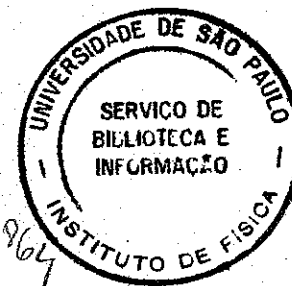
IFUSP/P 564
B.L.F. - USP

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA
CAIXA POSTAL 20516
01498 - SÃO PAULO - SP
BRASIL

PUBLICAÇÕES

IFUSP/P-564



SYSNO: 000753964

O LABORATÓRIO DE PROJETOS: INÚMERAS VARIAÇÕES
SOBRE O MESMO TEMA

Normando Celso Fernandes

Instituto de Física, Universidade de São Paulo

Janeiro/1986

O LABORATÓRIO DE PROJETOS:
INÚMERAS VARIAÇÕES SOBRE O MESMO TEMA

Normando Celso Fernandes

Instituto de Física
Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, Brasil

"O que distingue o arquiteto mais inábil da abelha mais hábil é que o arquiteto traz, inicialmente, a casa na cabeça."

Karl Marx

São Paulo, janeiro de 1986

§1. HISTÓRICO

Há aproximadamente dez anos abandonamos, por completo, o ensino baseado no quadro-negro. Apesar de termos completado tanto a nossa formação, como parte de nossa carreira científica, em áreas eminentemente áridas da Física Teórica, achávamos que nossa contribuição como professor poderia ser mais profícua, dentro de outro contexto. Alguns anos antes, como membros da Congregação do Departamento de Física da FFCLUSP, havíamos participado da decisão histórica da implantação de uma área específica de pesquisa destinada ao Ensino de Física.

Achávamos também que nossa experiência didática adquirida através dos anos, ao ministrar os mais diferentes cursos, tanto a nível de graduação como de pós-graduação no IFUSP, poderia ser de alguma valia para a melhoria do ensino. Procuramos então, dentro do repertório dos cursos oferecidos, um curso que pudesse ser mais maleável a novas experiências. Neste ponto, a nossa opção pelos laboratórios básicos se deveu a diversos fatores. Em primeiro lugar, desde os nossos tempos de estudante, esses laboratórios pareciam constituir uma das atividades mais maçantes e rotineiras. O incentivo a um bom rendimento nessas atividades parecia inexistir. Notávamos nas atitudes de alguns professores abnegados que ministravam as aulas de laboratórios didáticos, um sentimento parecido ao do amor de Desdêmona por Otelo. O pesado clima da tragédia shakesperiana parecia permear todas as atividades. Por outro lado, a intenção da qual vínhamos imbuídos, era totalmente diversa. Achávamos, parodiando Saint-Exupéry na "Cidadela" que: "O trabalho te obriga a desposar o mundo. Aquele que trabalha encontra pedras, desconfia das águas do céu ou

as deseja, e assim se comunica, se amplia e se ilumina. E cada um de seus passos se faz ressonante". Mas como conciliar as duas tendências opostas? Como seria possível fazer entrar em ressonância nossas tendências modificadoras com o ritual pré-estabelecido?

Felizmente, no ano de 1977, a resposta a essas indagações começou a adquirir alguns contornos nítidos. Nesse ano, assumia a coordenação dos laboratórios básicos do IFUSP (Institutos), o professor Fuad Daher Saad. Imediatamente notamos que, com ele, alguma mudança qualitativa substancial iria ocorrer no esquema. Sua longa experiência anterior credenciava-o, estimulava-o a propor uma "nova ordem" nas atividades laboratoriais básicas. Não era apenas o conteúdo daquilo que se ensinava que iria se modificar. Era toda uma nova filosofia de vida, toda uma nova postura educacional que se propunha. Várias novas atividades passavam a integrar o conjunto de trabalhos da disciplina de laboratórios para os Institutos básicos. Assim, já em 1978, ao lado das experiências tradicionais que compunham o que se convencionou chamar de "laboratório de cátedra" (ver mais adiante) eram incorporadas no novo curso as experiências do laboratório circulante, a feitura e execução por parte dos alunos de um projeto experimental, a leitura e o conseqüente resumo de um artigo científico original, além da efetivação de seminários por alunos e um curso de oficina. Não nos cabe neste trabalho fazer uma análise detalhada da motivação da introdução de cada nova atividade nem de aqui latar seus resultados. Sobre esses assuntos, remetemos o leitor ao trabalho de Saad⁽¹⁾ que esgota com indiscutível autoridade esses tópicos.

Aqui, após termos esboçado a curta história da nossa

colaboração nos cursos de laboratório, iremos nos centrar na exposição de uma das atividades que parece-nos ser a mais importante: o laboratório de projetos.

§2. UMA APARENTE DIGRESSÃO: CIÊNCIA E ATITUDE CIENTÍFICA

"O termo "descrição" da natureza perde cada vez mais seu significado primordial de representação viva, eloqüente da natureza; ele significa cada vez mais uma descrição matemática da natureza, ou seja, a coleção a mais precisa, a mais condensada, mas também a mais completa, de informações sobre as relações, ou leis que existem na natureza."

W. Heisenberg⁽²⁾

Durante os últimos anos, muitos debates têm sido efetuados, muitas discussões acaloradas entre professores e estudantes têm sido realizadas, sempre com o intuito de desnudar algumas das deficiências dos cursos ministrados. Dentre as mais diversas opiniões (todas defendidas com veemência), algo de comum sempre se depreende: os cursos de física, do modo como são apresentados, não satisfazem.

Mas, afinal de contas, quais seriam essas deficiências tão essenciais que poderiam levar o estudante de ciências até o estágio final de saturação, que consiste no abandono do curso? Podemos, com a experiência adquirida nos debates, enumerar uma série de problemas que, de ano em ano, aparecem reavivados ainda que sob diferentes formas:

a) O conteúdo dos cursos tem sido um dos alvos prediletos das críticas. Os nossos estudantes, motivados por uma informação pré-universitária bastante grande, sentem-se de certa forma frustrados quando percebem que, ao invés do curso de física apresentar "ab initio" os resultados das mais recentes conquistas científicas e tecnológicas, mostra-lhes e esmiuça-lhes aspectos e informações da física e da matemática do século passado.

Esperam ouvir falar dos "lasers" e dos "black holes", mas o que lhes é oferecido são a teoria de erros, as séries de exercícios sobre queda livre e planos inclinados, isso sem falar das abstrações mais descontraídas ainda que sejam, para eles, os cursos de Cálculo e de Álgebra. Que decepção para quem esperava vir a ser um novo Einstein, um novo Heisenberg ou um novo Poincaré. Como educadores e como psicólogos da educação, devemos convir que, no fundo, eles têm uma boa parcela de razão. Os nossos cursos, apresentados da forma "ex abrupta" como são, dão margem a essas queixas e marguras. Entretanto, essa falha, se é que pode ser assim catalogada, não é muito difícil de ser corrigida. Há alguns anos, mais precisamente em 1972, oferecemos um curso denominado "Iniciação à Física Contemporânea" para estudantes do 1º ano, que procurava enfocar e situar as dificuldades e necessidades do longo percurso a ser seguido pelo pesquisador iniciante, para tentar chegar ao reino das chamadas "ciências naturais". Por razões curriculares, tal curso optativo sofreu solução de continuidade.

b) A forma de apresentação dos cursos também não escapou do escrutínio crítico dos participantes dos debates. Os nossos professores, tanto de matérias expositivas quanto de laboratórios, perdem-se de forma monótona na dedução de fórmulas complicadas, sem que se veja de modo aparente o porquê dessas "elocubrações". As séries de exercícios, os relatórios elaborados, são impingidos como verdadeiros suplícios e consumidores de tempo para a juventude sequiosa de introduzir-se na ciência. Além do mais, os nossos professores não podem jamais ser comparados com os verdadeiros "show men" que constituem os corpos docentes dos cursi-

nhos. Muitos deles são pesquisadores que dividem seu tempo entre trabalhos científicos e trabalhos burocráticos, encarando o trabalho didático apenas como um complemento de suas atividades. A própria estrutura universitária, que promove a ascensão aos cargos mais elevados quase que somente baseada no binômio pesquisa-burocracia, desencoraja o desenvolvimento didático e pedagógico do professor. A matéria (pode-se ler também rotina) tem de ser dada e o programa tem de ser cumprido. As duas finalidades quase sempre são atingidas. O por quê? e o para quê? raramente são cogitados. Por outro lado, as mudanças preconizadas e levadas a efeito, quase sempre se caracterizam por serem meros rearranjos dos mesmos temas. Trocam-se as apostilas e os livros adotados mas não se cogita de implementar mudanças estruturais. Em alguns casos, pela verificação da impossibilidade material (falta de tempo) do cumprimento do roteiro pré-estabelecido, o método cirúrgico de extração de tópicos supostamente dispensáveis entra em ação. A critério do condutor do curso, verdadeiros aleijões culturais irreversíveis são provocados na formação dos alunos. Só para citarmos um exemplo, vamos lembrar que num dos últimos Simpósios do Departamento de Física Experimental do IFUSP, o coordenador do curso de Física do 1º ano relatou que, por absoluta falta de tempo, o tópico referente ao calor e à termodinâmica havia sido suprimido. A flecha do tempo (provavelmente ligada ao segundo princípio da termodinâmica), desta vez usada como um boomerang, iria vitimar o próprio arqueiro. Pobre Carnot. Pobre Fourier. Poderíamos ainda arrolar dentro da causa "estrutura universitária", vários outros males como a falta de preparo e curiosidade científica dos professores, a acomodação, etc., mas isto nos afastaria muito dos propósitos de redação desta nota.

Além dos itens a) e b), outras situações que têm-se constituído no tema de muitas discussões, podem ser citadas. O curriculum dos cursos noturnos vem sendo modificado. O problema específico da Licenciatura vem sendo debatido. Outros tópicos sempre se apresentam.

No entanto, para nós, os dois itens referidos acima já servem como ponto de partida para a discussão mais séria que pretendemos empreender. Eles e suas críticas prestam-se à formulação das seguintes perguntas:

Do ponto de vista cultural, o que deve ser ensinado ao aluno? Ainda que definido o conteúdo, devemos indagar também o quanto deve ser ensinado. E, talvez a pergunta mais difícil: como ensinar? Essas perguntas fundamentais se entrelaçam com as questões curriculares colocadas acima e suscitam também as dúvidas:

Para que serve o curso de física? Que tipo de pessoas pretende-se formar: físicos teóricos, experimentais, aplicados, professores de secundário? Que tipos de físicos são exigidos tanto pelo mercado de trabalho quanto pelo "mercado intelectual"? Se as escolas de engenharia formam engenheiros, as de medicina formam médicos e assim por diante, os Institutos de Física formam o quê?

Sabemos que essas perguntas são de difícil resposta. Por outro lado, elas próprias sugerem novas perguntas: devemos ensinar ciência ou o "método científico"? Será que um futuro pesquisador forma-se somente nos bancos escolares?

Obviamente, não somos nós os primeiros a nos ocupar desses temas tão relevantes. O próprio conjunto dos temas tem

sido objeto de inúmeros trabalhos e cursos. Alternativas e respostas são encontradas, por exemplo, na monografia de Saad⁽¹⁾ e na já clássica obra de Dib⁽³⁾. A própria implementação sistemática de algumas soluções tem sido tentada por nós ultimamente. Neste trabalho vamos procurar salientar um dos aspectos atinentes a essa miríade de dificuldades que, a nosso ver, pode propiciar o início de uma trilha a ser seguida, com o escopo de procurar englobar as mais diferentes respostas num possível denominador comum: a melhor formação de um estudante de ciências. Esse aspecto diz respeito ao estabelecimento de uma postura científica no estudante, devendo deixar bem claro para ele que talvez não seja possível transportar toda a cultura passada para a sua bagagem intelectual. Que talvez esse transporte nem seja desejável num mundo onde o conhecimento cresce com uma velocidade inimaginável. Que para nós também é angustiante verificarmos que o que hoje é "novo", amanhã já faz parte do "ontem". Essa constatação de que o "novo" é o "ontem" leva-nos a refletir muito seriamente sobre a possibilidade de incorporação do conhecimento "velho" no conhecimento "novo". Acreditamos que o caminho que leva do "velho" para o "novo" jamais poderá levar à incorporação do "novo" pelo "velho". O ensino histórico que amplia o conhecimento horizontal (erudição) obviamente não pode ser puramente suprimido. Ele deve ser redimensionado, guiado e motivado por uma atitude mais verticalizante que deve conduzir o iniciante aos problemas de fronteira da ciência. Essa é, em essência, a mensagem contida no título deste parágrafo e que pode ser assim esboçada:

Devemos mostrar ao estudante que talvez o que se deve guardar dum curso de Física é mais uma atitude diante da ciên

cia do que um repositório de fórmulas e conceitos desconexos. De vemos mostrar também que o trabalho de um cientista é algo penoso, mas penoso, que não pode ser comparado à obra de uma Penélope que, ao bordar suas tapeçarias, via-as, em seguida, destruídas por suas próprias mãos. Um curso de Física deve também propiciar ao estudante a aquisição de uma linguagem científica, linguagem com a qual ele passará em seguida a se comunicar. Ele deverá poder distinguir um fato natural dum fato científico e trazer na nova linguagem adquirida o que de relevante for encontrado. Ele deve poder ampliar, além de interpretar, o que lhe for apresentado. A sua atitude deve ser dinâmica e inquietante face ao aprendizado passivo que lhe é oferecido. Adotando essa ótica, as grandes perguntas colocadas acima passam a ter seus valores diminuídos e, conseqüentemente, as respostas começam a ser vislumbradas mais facilmente. Só assim ele começará a tomar consciência de sua potencialidade. Só assim ele começará a compreender que a contestação e a paciência são componentes da criatividade.

É claro que o nosso espaço, dentro de um curso, é muito pequeno e pode mesmo passar despercebido. Contudo, para nós, se mesmo uma pequena parcela dos estudantes puder perceber o quanto de mudança qualitativa o nosso esforço representa, já nos sentiremos recompensados. Seria necessário que os professores e os estudantes reconhecessem que a nossa modesta contribuição resumida no capítulo seguinte, ao analisar e realçar o papel desempenhado pelo laboratório de projetos na formação científica do estudante, deve ser inserida dentro de um pensamento mais profundo. Talvez Poincaré⁽⁴⁾ tenha nos dado a inspiração mais motivadora:

"... a vida é meramente um curto episódio entre duas eternidades de morte e que, nesse próprio episódio, o pensamento consciente não durou e não durará mais que um instante. O pensamento é apenas um relâmpago no meio de uma longa noite.

Mas esse relâmpago é tudo."

§3. O LABORATÓRIO DE PROJETOS

"Se o sistema de Newton não tivesse sido anorado firmemente nos fatos observados, seu triunfo talvez não tivesse ocorrido e hoje, presumivelmente, estaríamos presenciando guerras campais emocionais entre Newtonianos e Einsteinianos. Felizmente, fomos poupados desse espetáculo."

C.L. Hull⁽⁵⁾

Neste parágrafo, ao invés de apresentar, inicialmente, um programa de ensino para um curso básico de Física, iremos tecer algumas considerações acerca do conteúdo e procedimento na investigação científica em geral. Durante essa exposição, iremos mostrar como tais considerações se encaixam no conjunto de a atividades dos alunos e, também, qual o nosso posicionamento em face a esses procedimentos.

De um modo geral, existem diversos caminhos que podem ser seguidos numa investigação científica (ou na "descoberta da verdade"). Numa tentativa de sermos esquemáticos, iremos classificar esses caminhos "a grosso modo" como:

a) Observação ao acaso. Seria acreditar que dados va liosos podem surgir do acaso quando da realização das mais aria das tentativas experimentais. É claro que é um procedimento útil, pois um investigador deve estar sempre atento para eventos inesperados num experimento. A própria descoberta dos raios-X por Roentgen é um exemplo clássico dessa atitude de vigília.

b) A investigação também pode consistir numa explora ção sistemática. Seria o procedimento defendido por Bacon e teria a vantagem de apresentar sempre uma boa dose de segurança.

Algumas conquistas bastante importantes da Física moderna se basearam nesse modo de investigar. Dentro do IFUSP, vários grupos de pesquisa, tanto teórica quanto experimental, adotam essa postura nos mais diversos campos: física nuclear, física da matéria condensada, etc..

c) Um terceiro tipo de investigação pode nascer quando se tenta testar experimentalmente uma hipótese isolada. É um caminho bastante árduo, freqüentemente sugerido por uma intuição, o que torna por vezes difícil separar o fato científico de algumas idéias pré-concebidas. A nosso ver, é um procedimento complicado, bastante empregado nas ciências psicológicas e que compromete mesmo o sucesso das investigações⁽⁵⁾ pela quase total ausência de correlações. As próprias pesquisas psicanalíticas são um testemunho dessas dificuldades.

d) O quarto e último tipo de investigação catalogada nessa nossa classificação simplificada é aquele baseado em experimentos que são dirigidos por uma teoria integral e sistemática. Nela não consideramos como ponto de partida hipóteses isoladas ou aleatórias. Ao contrário, fatos isolados devem poder ser encaixados, explicados e previstos dentro dos princípios gerais adotados. Talvez, devido à nossa formação de físico, é o tipo de pesquisa que tem a nossa preferência. É interessante notar que este quarto tipo não exclui nenhum dos anteriores do processo de edificação da ciência. Ao contrário, a interdependência com os tipos anteriores é que torna difícil, senão impossível para nós, a caracterização do que seja o "método científico". Aliás, a expressão "método científico" foi intencionalmente evitada por nós. Os exemplos mais significativos desse quarto modo de proceder for

am a base do que hoje chamamos de Física: a mecânica, o eletromagnetismo, as relatividades, a teoria quântica, etc..

Mas o iniciante que não se iluda. Essa estrada também é muito sinuosa e perigosa. Nem sempre (ou quase nunca) o sucesso vem confirmar as tentativas mais laboriosas e honestas. Mas isso, longe de nos desanimar, deve-nos levar a uma linha de conduta que pode ser assim expressa⁽⁵⁾:

"... em especial, é desejável para o avanço da ciência que os proponentes de sistemas teóricos publiquem as deduções das previsões de experimentos ainda não tentados. O fracasso da verificação experimental subsequente de tais deduções não deve ser visto de modo algum como um descrédito para o autor. Ao invés disso, ele deve meramente ser encarado como um incidente normal na evolução da ciência. Felizmente, em tais situações, é a hipótese que está em julgamento, não a reputação do pesquisador proponente."

Depois desse esboço sucinto de alguns possíveis labirintos que constituem a investigação científica, vamos tentar nos fixar na quarta atitude e, mais ainda, vamos verificar se é possível extrair uma seqüência de atividades que pode ser comum aos mais variados trabalhos de física experimental. Após analisar essa presumível série de atividades do físico experimental, veremos que uma possível consequência para o processo formativo dos nossos estudantes, ou seja, na iniciação destes na "profissão de físico", no aprendizado do jogo de fazer ciência, situa-se dentro do domínio do laboratório didático, o qual hoje se denomina laboratório de projetos.

De um modo geral, podemos dizer que a investigação em

Física Experimental consiste dum determinado número de diferentes espécies de atividades⁽⁶⁾. A primeira e, talvez a mais importante, consiste na formulação e na seleção de problemas a serem investigados. Esta atividade dá o rumo às demais e, portanto, está ligada à função criadora do pesquisador. No primeiro estágio, o investigador pode principiar com idéias e conceitos extraídos do senso comum. Muitas vezes a informação existente é bastante incompleta e a intuição deve desempenhar um papel muito importante. Nesse estágio, podemos mesmo indagar se faz sentido, tentar distinguir o pensamento "bem sucedido" do "mal sucedido". Em que medida o "êxito" de uma idéia é uma questão do que o investigador faz com ela depois que a formulou? Na verdade, sabemos muito pouco, pelo menos do ponto de vista científico, sobre a maneira como as pessoas obtêm suas idéias. Aqui, vale a pena citar Hyman⁽⁶⁾:

"Podemos especificar uma série de métodos padronizados para avaliar e comprovar idéias logo que estas foram formuladas. Podemos ensinar métodos para compilar dados pertinentes em condições controladas. Podemos apresentar aos estudantes uma variedade de instrumentos para auxiliar e ampliar sua observação e compilação de dados. Podemos ensinar procedimentos rotineiros para resumir e descrever dados e para extrair conclusões dos resultados.

Mas quando se chega ao ponto de sugerir onde e como se obtêm as idéias - como selecionar um problema significativo ou potencialmente importante - devemos francamente confessar que quase todas as regras ou sugestões que pudéssemos oferecer seriam muito capazes de estar completamente erradas. As idéias - as boas idéias - parecem brotar de qualquer fonte e em qualquer momento."

Realmente, para nós como educadores, esta fase inicial da escolha do projeto a ser desenvolvido é a que apresenta as maiores dificuldades. Nesta fase, contrariando mesmo nossa atitude usual dentro do laboratório didático - o professor ou o monitor deve permanecer como uma espécie de parapeito duma ponte que deve ser atravessada pelo jovem iniciante, com a função de impedir que ele caia - muitas vezes intervimos diretamente. Sugerimos a leitura de alguns textos esparsos, como por exemplo, a revista "Physics Teacher" e o livro "La Physique sans Appareils", de Tissandier. Instigamos também as discussões com os monitores e com os outros alunos. Aos mais ousados fornecemos uma bibliografia técnica mais especializada. Contudo, cumpre-nos ressaltar que os projetos que apresentam uma maior dose de criatividade e que constituem uma parcela significativa do número de projetos apresentados, aparecem sempre espontaneamente, sem nenhuma intervenção nossa. Esse fato é extremamente gratificante pois realça a criatividade e a pujança do raciocínio dos jovens, um dado que é sempre esquecido nos cursos tradicionais. Achamos que vale a pena insistir neste ponto pois, desde o primeiro ano de graduação, até o final da pós-graduação, o nosso estudante é sempre tratado como um ser tutelado, incapaz de realizar tarefas mais criadoras e menos rotineiras. Acreditamos também que a estrutura dos nossos cursos atuais, apesar de apresentar um todo mais organizado, é responsável em grande parte, pelo marasmo intelectual pelo qual passamos. Sob esse aspecto, nossa ênfase sobre os projetos tende a se opor a essa mediocrização.

A segunda fase de uma investigação deve consistir na concretização da idéia escolhida. No caso da Física Experimental, temos de construir os aparatos, materializar os meios de to

madras de dados, adaptar equipamentos existentes, etc.. Se a idéia for muito sofisticada, essa fase pode ser muito dispendiosa. É a fase dos orçamentos, das tomadas de preços, das compras, das execuções. Neste ponto, a existência de uma infraestrutura administrativa e técnica é que possibilita a execução do projeto. No caso do projeto didático, incentivamos os estudantes a produzirem eles mesmos, muitas vezes utilizando equipamentos rudimentares, os aparatos que vão servir como instrumentos científicos. Dentro dos nossos laboratórios didáticos ou em outros lugares, como em suas próprias casas, temos os estudantes empenhados em tarefas mais práticas: alguns cortando pedaços de madeira, outros polindo vidros que irão se transformar em lentes ou espelhos e assim por diante. É importante notar a engenhosidade que empregam na solução dos diversos problemas que surgem. A improvisação, na maioria das vezes, substitui o equipamento sofisticado por um ponteiro de arame ou uma garrafa cortada. O essencial é ver o experimento "funcionando" e bem. O procedimento dos alunos nessa fase tem-nos chamado muito a atenção. Aqui, parece ser transparente que o homem, antes de ser lógico, é artesão. Temos que concordar com Bergson⁽⁷⁾ quando diz que o "homo faber" precede o "homo sapiens". A inteligência, em sua conduta original, surge no homem como a faculdade de fabricar utensílios. No entanto, a própria análise dessa inteligência artesanal mereceria, em si mesma, um capítulo especial que nos afastaria demais do nosso estudo.

A terceira fase de uma investigação, segundo nosso critério, estaria relacionada com o processamento, a tomada de dados e uma possível análise dos fatos surgidos. É a etapa na qual os aparatos construídos começam a mostrar sua operosidade. Começam a surgir números e tabelas e gráficos são construídos.

Normalmente, esta é a etapa mais valorizada no ensino usual de física experimental. Aliás, quando um estudante vai realizar um determinado experimento do chamado laboratório tradicional, também chamado de "laboratório de cátedra", ele já encontra à sua disposição tanto o material da experiência em si, quanto os correspondentes aparelhos de medição. O desabrochar de uma inteligência criadora inicial não é levado em conta.

No laboratório de projetos é imperioso que o estudante tome consciência de que toda investigação científica requer que se selecione apenas certas características do que está sendo examinado, que se abstraia dessas características apenas alguns de seus atributos, e que se faça restrições sobre o material observado e os aparelhos de observação, a fim de que, ignorando-se ou mantendo-se constantes algumas características da situação, seja possível ver melhor as relações existentes entre as outras características. Como se percebe, esta é uma fase muito delicada que pode levar a muitos enganos. O que pode constituir um instrumento perfeitamente adequado para um dado foco de investigação, talvez se transforme num obstáculo, num estágio ulterior da pesquisa ou numa questão decorrente do desenvolvimento desta. A maleabilidade exigida do pesquisador é um atributo indispensável para a tomada e a classificação dos dados. Somente partindo de dados confiáveis é que podemos estabelecer métodos estatísticos e aplicar a teoria de erros e desvios com sucesso. Também, se uma pesquisa estéril resultar da repetida confiança do investigador no seu instrumento de pesquisa, a culpa não deve ser atribuída somente à aparelhagem e sim ao fato de não ter sido inteiramente compreendida a natureza do problema nem as limitações próprias de cada instrumento. Em cada passo, devemos rever todos os

passos já dados e testar tudo que já foi feito. Quando passamos aos últimos estágios dessa fase, onde as nossas indagações tornam-se mais diretas e específicas, formulamos muito mais hipóteses sobre o modelo de medição a que os dados têm de coadunar-se. Es-tabelecemos muitas restrições às relações possíveis que podem re-sultar. Essas restrições, quando apropriadas, impõem rigor e po-der aos resultados e habilitam o pesquisador a estabelecer suas conclusões em termos bastante precisos.

Uma quarta espécie de atividade dedica-se a explicar ou a dar sentido aos dados compilados. É uma fase na qual o in-vestigador tem de se aprofundar nas teorias existentes e verifi-car se os seus dados podem ser englobados em leis gerais. Requer muita atenção, concentração e imaginação. Para ilustrar melhor essa fase, vamos ver o que diz Ernst Mach⁽⁸⁾ sobre a obra de Ga-lilei:

"Mas, para o uso científico, a representação mental das experiências sensíveis deve ainda aparecer figurada abstrata-mente. Só assim podemos usá-las para encontrar uma propriedade dependente dum fato, ou para completar uma propriedade parcialmen-te estabelecida, por uma construção abstrata de cálculos baseada sobre uma apreciação abstrata da propriedade caracterizada. Faz-se essa figuração colocando-se em evidência pontos que têm-se co-mo importantes, desprezando o que é acessório, por abstração, por idealização. A experiência decide se ela é ou não suficiente. Sem uma concepção pré-existente qualquer, toda experiência é em ge-ral impossível, pois esta última recebe precisamente sua forma da concepção pré-existente que se tem. Quais seriam com efeito o modo e a finalidade da pesquisa se não se tivesse já uma certa

tendência? O caminho no qual a experiência deve ser conduzida pa-ra se completar depende dos dados adquiridos anteriormente. A ex-periência confirma, modifica ou destrói a concepção que forneceu a idéia."

Mais adiante, Mach⁽⁹⁾ ainda aduz:

"Galilei não procura então fazer uma teoria da queda dos corpos. Ao contrário, ele observa o fenômeno da queda e o es-tuda sem idéias pré-concebidas. Nessa pesquisa, adaptando gra-dualmente seu pensamento aos fenômenos e prosseguindo-a com to-das suas conseqüências lógicas, ele chega a uma concepção que, provavelmente para ele mesmo muito menos que para seus sucesso-res, tinha o caráter duma lei particular nova. Galilei seguia em todas suas deduções um princípio de grande fecundidade científi-ca, que podemos chamar de princípio de continuidade e que consis-te em modificar, gradualmente e tanto quanto possível, as circuns-tâncias dum caso particular do qual se estabeleceu uma idéia cla-ra, e permanecendo sempre o mais próximo possível dessa idéia an-teriormente formulada."

Vemos, portanto, que é nessa quarta fase que estabe-lecemos as leis e o quadro teórico do projeto proposto. Se o pon-to de partida é uma idéia errônea, os dados experimentais reco-lhidos devem permitir o esclarecimento das dúvidas e das conclu-sões falsas.

Para o estudante, é justamente nessa etapa que o que bra-cabeças começa a se completar. O assunto escolhido como te-ma do projeto passa a ser dominado de um modo bastante completo, sendo que, em alguns casos, mesmo assuntos mais avançados começam a ser cogitados, como ramificações e complementos do trabalho já

desenvolvido.

Poderíamos pensar que, nessa altura, a pesquisa já está terminada. Mas não. Ainda resta a última fase que, de certo modo, pode vir a ser a mais penosa.

A quinta e última fase da pesquisa consiste na comunicação ou no relato da pesquisa à comunidade científica. Muitas vezes, a nossa própria censura interna ao escrever, nos faz re-
ver e repensar determinados tópicos que antes pareciam muito claros. A linguagem científica moderna tem se der sintética. De um modo geral, nas publicações científicas especializadas e mesmo nos congressos, o critério de objetividade sempre é seguido. Se quisermos ser entendidos, temos de ser precisos, mesmo discorrendo sobre tópicos questionáveis. É óbvio que cada autor deve permanecer com seu próprio estilo de escrever mas, num relatório de uma pesquisa, devem aparecer límpidas ao leitor as hipóteses feitas, o aparato utilizado, a colheita de dados e as conclusões. Sabemos muito bem que esse tipo de atividade não é de pleno agrado dos estudantes, contudo, achamo-lo indispensável. No laboratório de projetos muito mais que no laboratório tradicional, o relatório deve ser valorizado.

§4. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

"A História da Ciência é mais fascinante que um romance policial. O mistério de um romance policial sempre se esclarece no fim, mas o da Ciência nunca se esclarece. Apesar dos avanços no conhecimento científico, os mistérios talvez se tornem cada vez maiores."

Mário Schönberg⁽¹⁰⁾
"Pensando a Física"

Inúmeros trabalhos têm sido dedicados ao estudo das diferentes modalidades de ensino de Física Experimental. Dentre esses trabalhos gostaríamos de citar a monografia de Ferreira⁽¹¹⁾, na qual, no primeiro capítulo encontramos um excelente apanhado das mais diferentes espécies de laboratórios que têm sido desenvolvidas. O autor define um contínuo de possibilidades, contínuo esse que vai do laboratório tradicional num dos extremos, até o laboratório de projetos, no outro extremo. Aqui, não tivemos a pretensão de repetir sua análise sobre os mais diferentes fatores que influem no aproveitamento do aluno durante a execução dum projeto. Procuramos nos centrar mais no aspecto da implantação de uma mentalidade científica no iniciante.

O leitor verifica facilmente que durante nossa exposição muitas lacunas são encontradas. Assim, ao que dissemos sobre a obtenção de idéias, muitas considerações podem ser adicionadas. Para manter a liberdade e a criatividade dos alunos, somente fazemos algumas recomendações bem gerais aos alunos. Eles devem entender que o que pretendemos com um projeto experimental não deve necessariamente ser o objetivo duma feira de ciências usual. Não exigimos sofisticação nem de equipamentos nem de idéias.

Uma idéia pode ser bastante singela, a execução do projeto ser bastante simples mas ainda assim, os dividendos culturais e científicos podem ser extremamente elevados. Dentro dessa linha de simplicidade, os resultados que temos alcançado têm-nos animado bastante. Assim, não é raro vermos os aparatos desenvolvidos pelos alunos acabarem sendo por nós utilizados e incorporados aos nossos cursos regulares.

Por outro lado, o laboratório de projetos, pelo fato de versar sobre medidas, sobre relações quantitativas, mostra que o conhecimento científico tem como linguagem a matemática e por isso seus processos estão ligados ao do formalismo matemático, assim como aos dos instrumentos de medida e das técnicas experimentais. Ele também pode servir ao aluno para mostrar que:

"Descobrir um instrumento para medir um fenômeno qualitativo, até então rebelde à medida, é inaugurar um novo capítulo da ciência. Lavoisier criou a química no dia em que se serviu da balança. Berthelot fundou a termoquímica no dia em que empregou o calorímetro. Não existe uma ciência dos odores e dos sabores porque até hoje não se encontrou seu equivalente quantitativo, isto é, o meio de medi-los."⁽¹²⁾

E, fundamentalmente para nós, o projeto experimental realizado por alunos dos anos básicos deve ser o divisor de águas numa nova postura científica. Alguns podem argumentar que esses alunos, por sua imaturidade, não podem chegar a alcançar altos vãos. Contra esse raciocínio, vale a pena citar Bachelard⁽¹³⁾:

"Um saber petrificado é nocivo à invenção de hipóteses. Einstein diz, por exemplo, que as geniais invenções de Faraday em eletromagnetismo se explicam porque Faraday não havia

sofrido as influências da cultura científica tradicional. Recordemos as imprecizações de Nietzsche contra os homens cultos, "eunucos do saber" cuja cultura paralisa precisamente as faculdades de criação!"

Mas, mesmo reconhecendo que a história da ciência é a história de uma revolução permanente, nós não achamos que tudo deve ser revolucionário. O ensino de ciências deve ter também uma parte conservadora. O problema é de dosagem e de ênfase. Mesmo durante um projeto novo, muito das conquistas anteriores deve ser incorporado ao novo saber. Mas a própria aquisição desse saber muda e se amplia quando a atitude dos alunos se aproxima mais da atitude do pesquisador. Esse é um dos incentivos para continuarmos o encorajamento dos projetos. Os alunos devem passar a perceber que as teorias científicas são apenas explicações provisórias, suscetíveis de reformulação com a descoberta de novos fatos. Nesse ponto, vamos nos apoiar em Brunschvicg⁽¹⁴⁾:

"A experiência, efetivamente, atua como uma resistência que, pela reação, provocará uma vitória sobre a natureza, traduzida por um crescimento do campo intelectual. Enquanto a razão constitui o encadeamento do universo científico, a experiência permanece com relação a ela como uma negação, negação relativa, negação provisória, visto que o que é próprio da ciência é transformá-la em ponto de partida para um círculo mais vasto de um pensamento mais sutil. Assim, o processo do conhecimento físico surge como um vir-a-ser que não é suscetível de ser acabado." Não há sistema de explicação definitivo porque o universo de fatos conhecidos não deixa de ampliar-se com o progresso das técnicas. Saad⁽¹⁵⁾ traça o excelente paralelo entre o crescimen

to do conhecimento e a forma turbilhonária das galáxias espiraladas em expansão. Mas, voltemos a Brunshvicg: "A ciência edifica sistemas não-contraditórios, constantemente mais amplos; mas o sistema não-contraditório de todos os fatos, o limite do saber, é tão-somente um ideal, uma exigência. A ciência exprime as mais belas vitórias da razão; todavia, ela permanece aberta para o real que "contém mais coisas que toda a filosofia não poderia sonhar". "

Gostaríamos de deixar consignado o nosso agradecimento a todos que participaram das discussões que motivaram esse trabalho: professores, colegas e alunos. Em especial agradecemos ao Professor Fuad Daher Saad pelas inúmeras sugestões e críticas construtivas. A dívida contraída com os alunos do primeiro ano do curso de Física do ano de 1985 não pode ser paga com simples agradecimentos. A eles ainda vamos dedicar uma grande parcela de nossos esforços nos anos vindouros.

REFERÊNCIAS

- (1) Saad, Fuad Daher, "O laboratório didático de Física no ensino experimental: um estudo visando a viabilidade de novas abordagens", Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, USP, São Paulo (1983).
- (2) Heisenberg, Werner, "La nature dans la physique contemporaine", Gallimard, Paris (1962).
- (3) Dib, Cláudio Zaki, "Tecnologia da Educação e sua Aplicação à Aprendizagem de Física", Pioneira, São Paulo (1974).
- (4) Poincaré, Henri, "O valor da Ciência", Garnier, Rio de Janeiro (1924).
- (5) Hull, C.L., "The conflicting psychologies of learning - a way out", Psych. Rev. 42, 491 (1935).
- (6) Hyman, Ray, "Natureza da Investigação Psicológica", Zahar, São Paulo (1973).
- (7) Bergson, H., "Évolution Créatrice", Paris.
- (8) Mach, Ernst, "La Mécanique", Herman, Paris (1925) p. 126.
- (9) Ibid, p. 131.
- (10) Schönberg, Mário, "Pensando a Física", Brasiliense, São Paulo (1984).
- (11) Ferreira, N.C., "Equipes de Laboratório e Estudo em Grupo", Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, USP, São paulo (1985).
- (12) Rougier, P., "Traité de la connaissance", Paris, p. 186.
- (13) Bachelard, G., "La rationalisme appliqué", Paris.
- (14) Brunshvicg, L., "L'expérience humaine et la causalité physique", Paris.
- (15) Saad, Fuad Daher, Comunicação pessoal, IFUSP (1984).