

## DIVERSOS

### NOVO (?) MÉTODO (?) PARA ENSINAR (?) FÍSICA (?)\*

Luis Carlos de Menezes  
Instituto de Física da USP

#### Introdução

O presente artigo tem por propósito apresentar um enfoque ao ensino de Física, baseado na compreensão fenomenológica dos fatos físicos pelos estudantes, que se obtém pela análise e discussão de objetos e situações práticos e reais. Sempre que possível deve-se voltar esta investigação para a experiência diária dos estudantes, devendo ser anterior a qualquer explicação ou generalização teórica.

Numa primeira abordagem a um assunto, deveriam ser evitadas as situações artificialmente simplificadas em laboratório. Só mais tarde isto pode vir a ser útil para demonstrar a validade de modelos físicos que são mais visíveis (e comumente são válidos) numa realidade supersimplificada. As dualidades "prática-teoria", "realidade-modelo" e "tecnologia-ciência" deveriam ser discutidas, em linguagem apropriada, mesmo nos níveis mais elementares das escolas. No estudo de situações reais, aspectos sociais e históricos podem surgir na discussão com os estudantes; não se devem evitar estes pontos mas sim tentar determinar o que estudantes e professor pensam sobre eles e que fontes deveriam ser consultadas para um conhecimento mais profundo e uma visão mais ampla do assunto.

No corpo deste artigo ilustra-se com argumentos e exemplos o que foi afirmado nesta introdução, tentando mostrar como este método é praticável e porque razão é ele desejável. A última parte responderá a possíveis objeções à proposta deste artigo e torna explícita a concepção de Educação subjacente.

*Porque iniciar o processo de aprendizado com a análise de situações reais?*

Será que máquinas, objetos e situações reais são tão compli-

---

\* Publicado originalmente em inglês. ("Cambridge Journal of Education", Vol. 7, nº 3 de 1977).

cados que, como de hábito, seu estudo deveria ser mesmo relegado para o último estágio do processo de aprendizado? Em cursos tradicionais de física usa-se, é verdade, situações reais: corpos em queda livre, foguetes interplanetários e tudo quanto possa ser tomado como "ponto material" em mecânica; cubos de gelo, água fria e quente e tudo o que possa ser considerado "simples" em termodinâmica. Há muitos outros exemplos mas não vale a pena continuar a lista porque o que já mais encontraremos nela são chaves de fenda, motores elétricos, refrigeradores domésticos ou câmeras fotográficas. Estas coisas só podem ser explicadas" depois de o aluno ter "aprendido" do quadro-negro tudo o que se possa aprender sobre momento, campo eletromagnético, ciclo de Carnot e raio de luz, respectivamente.

Uma pessoa submetida a muitos anos de escolaridade acadêmica (e um professor é alguém assim) acaba se convencendo que é absolutamente indispensável ter amplo conhecimento sobre cargas puntuais e seus campos antes que possa "compreender" efeitos de uma corrente variável numa bobina. Noutras palavras, seria preciso antes aprender o modelo microscópico para ser capaz de entender o fato macroscópico. Não é exatamente uma piada dizer que, segundo este ponto de vista, para se entender a corrente de um rio é preciso antes estudar a molécula de água...

Não pretendo afirmar que é inútil estudar elétrons e moléculas; simplesmente afirmo que estas não são as primeiras coisas a serem aprendidas: o que é mais elementar em sua estrutura física pode não ser o mais fácil para se entender. Aliás, o que se quer dizer com entender?

Será que entendemos porque elétrons se repelem? Ou porque o fazem na proporção do inverso do quadrado da distância? Certamente não! O que se pode entender são fatos relacionados ou processos e nunca fatos isolados; na realidade, fatos elementares são mais facilmente aprendidos a partir de coisas mais complexas. Por exemplo, é muito mais fácil entender para que serve um tijolo, e por qual razão tem a forma que tem, simplesmente olhando um muro de tijolos. Imagine a tarefa de entender tijolos examinando um deles isoladamente sem nunca ter visto uma parede antes...

O principal argumento, contudo, em favor de iniciar o aprendizado pela análise de situações reais é que, ao entrar na escola, o estudante já sabe um bocado sobre elas fora o fato de elas serem de seu interesse imediato. Centenas de vezes ele terá experimentado a "conversão de energia" em motores elétricos e pode, sem muitas preliminares, começar a discutir a forma, as funções e o princípio de operação de uma versão simples de um motor. O estudante sabe tanto quan

to seu professor sobre qual a função de um refrigerador e pode discutir porque este tem sua parte traseira pintada de preto muito antes de aprender acerca de processos-quase-estáticos ou radiação-do-corpo-negro. Fatos físicos podem (e devem) ser mostrados e relacionados antes da apresentação de modelos abstratos e teorias.

Enfim, para aqueles que ainda queiram insistir que na formação de um físico o caminho mais rápido para a especialização é do "físicamente mais simples" para o "físicamente mais complexo", valeria ainda lembrar que cursos de física não são feitos só para físicos mas também para outros profissionais, para os quais o conceito de ponto material é tão importante como o de mitocôndria é para os físicos...

*Laboratório e sala de aula: que currículo teria um curso destes?*

Para quase todos os cursos até o nível básico universitário, a sala de aula pode ser usada com algumas funções de laboratório e vice-versa. Mais precisamente, no enfoque proposto, o laboratório é um local adequado para discussões em grupo sobre algum assunto prático assim como muitas experiências elementares podem ser feitas em sala de aula. Só arranjos experimentais mais complicados e de difícil transporte exigem o laboratório propriamente dito como palco da experimentação. É claro que turmas enormes em salas pequenas teriam dificuldade de acompanhar uma experiência demonstrativa mas, "em compensação", também é difícil em tais condições acompanhar qualquer outra aula expositiva!

Medidas de grande precisão e aparelhagem sofisticada não devem ser incluídas no laboratório elementar. Desvios quadráticos médios, avaliações de erros, etc., só deveriam ser calculados após um período tão longo quanto necessário para o estudante ter aprendido "o que se passa" num grande número de problemas reais ou quase reais. Os alunos devem ser estimulados e auxiliados para desenvolver modelos teóricos para o que eles observam (não importando quão rudimentares ou errados sejam estes modelos). Quando julgar pertinente, o professor deve intervir e compará-los a modelos aceitos ou consagrados. Seria ideal se um grupo estável de professores pudesse acompanhar cada grupo de alunos por períodos não menores que um ano.

Usualmente, teorias são apresentadas como se fossem fatos e os modelos como se fossem "realidade". As experiências de laboratório têm sido feitas para mostrar que as teorias "funcionam" e são portanto concebidas de forma a evitar qualquer aspecto ainda não abordado teoricamente pelo aluno. Isto acaba resultando na lamentável suposição de que a física deve ser entendida no quadro-negro e confirma-

da no laboratório. Isto é aceito "naturalmente", especialmente pelos estudantes que não raro reclamam "ainda não aprendi a teoria para poder fazer esta experiência":

Talvez eu devesse enfatizar que eu não sou contra o ensino da teoria; isto seria ridículo. Sou, contudo, contrário a que este ensino seja feito antes da apresentação e discussão do fenômeno, de forma que seja sentida a necessidade da teoria. Quero também frisar que não defendo o ponto de vista cientificamente reacionário de que a teoria deve se restringir ao estritamente observável. Aqui se trata de ensino e aprendizado, especialmente nos níveis elementares e o que se propõe é que a observação e discussão de um fenômeno deve preceder a introdução de modelos teóricos para ele. Isto é mais do que simplesmente razoável e retornarei a este ponto mais tarde.

A sala de aula é o lugar correto para se propor problemas e discutí-los. Um diálogo entre alunos e professor pode ser desenvolvido sempre que o assunto for tal que os alunos tenham algo a dizer sobre ele. Por esta razão a investigação deve pelo menos iniciar-se com situações do interesse imediato dos alunos.

Ao mencionar discussões com os alunos, tenho em vista um real diálogo com eles. Uma pergunta apropriada seria: "Como podemos estabelecer este diálogo se nós, professores, somos os únicos que entendemos do assunto?" A resposta é simples, não podemos: um diálogo implica em duas partes capazes de perguntar, responder e comentar acerca de algo. Se quiser um diálogo comece com algo que seja familiar aos estudantes.

Há inúmeros assuntos do conhecimento dos estudantes que são apropriados para estudo. A maior parte do que se estuda em um curso introdutório de física pode ser extraído daí. A preparação da aula pelo professor deve depender do nível da turma e de sua situação sócio-cultural. O sucesso deste enfoque dependerá mais da postura do professor que de seu conhecimento ou familiaridade com o assunto em discussão: o professor não deve mais ser "o fulano que sabe".

O material para cursos deste tipo não pode ser tão estritamente planejado como o dos cursos convencionais. Por exemplo, para um semestre envolvendo condução elétrica, resistência, capacitância, forças e campos induzidos por corrente, campos e ondas eletromagnéticos, poder-se-ia preparar material incluindo fiação elétrica doméstica, aquecimento elétrico, relês, campainhas, galvanômetros, motores (ventiladores, liquidificadores) e um receptor de rádio simplificado. Parte do material preparado pode vir a não ser utilizado, pode ser insuficiente e ter de ser suplementado de acordo com o interesse da turma e daí para frente. O mesmo material pode ser usado num contexto

diferente tal como conservação de energia e acústica. Dois critérios básicos governam a escolha do sistema a ser investigado: ser familiar à maioria dos alunos e as propriedades físicas que devem ser aprendidas dele devem ser relevantes para seu funcionamento.

Há muitas possíveis trajetórias para cursos de um dado nível com os mesmos objetivos conceituais. O que efetivamente se fará em sala de aula depende de muitas circunstâncias: número de estudantes, tempo disponível, natureza dos demais encargos dos estudantes, etc.. Se se verificar dificuldade no estabelecimento de diálogo com os estudantes, o professor deve tentar estimulá-los a falar e deve discutir as razões desta dificuldade. Se todas as tentativas de gerar discussão, mesmo sobre futebol, energia, filmes, poluição, etc., forem frustradas, então é recomendável que se desista e se comece um curso tradicional, expositivo e quadrado: os alunos fizeram por merecê-lo, o professor também...

Piadas à parte, há muitas circunstâncias em que aulas expositivas são necessárias e bem-vindas. Por exemplo, durante um curso de eletromagnetismo como o descrito acima, devem-se introduzir conferências sobre as Equações de Maxwell que podem mesmo transcender o estrito material experimental. Da mesma forma podem-se dedicar aulas à resolução coletiva de problemas teóricos. Livros-texto devem ser utilizados e sua leitura independente exigida dos alunos; o complemento ideal disto é a organização e duplicação de apostilas e outros materiais feitos pelos próprios alunos ou com a contribuição direta destes.

É muito provável que ocorram situações em que o professor sintaque deve cortar uma discussão que ultrapassou os limites da física, ou seja, que foi além do que ele entende como sendo sua tarefa. Dedicarei o próximo parágrafo a este assunto.

*Será que História, Economia e Sociologia têm algo a ver com o ensino de Física?*

A observação de regularidades na natureza e a sistematização destas regularidades na forma de leis naturais, a interrelação entre elas, seu uso para a previsão de transformações, o uso produtivo desta capacidade, etc., estes são os ingredientes da ciência. A ciência não está "na natureza" mas sim é um produto humano que descreve (e não raro determina) sua relação com a natureza. E daí? Perguntarão muitos. Todo mundo sabe disto, dirão. Quanto a mim, realmente duvido que todo mundo saiba disto, porque, a começar pelos professores que tive, agem como se estivessem convencidos do contrário.

O desenvolvimento da ciência nunca foi independente do desenvolvimento das forças produtivas na sociedade, mesmo que muitos cientistas digam (e realmente acreditem) que trabalham com nenhum outro objetivo que não o "conhecimento pelo conhecimento" (o que quer que isto signifique).

No ensino convencional de física, considerações históricas sobre descobertas, etc., têm um papel meramente ilustrativo ou anedótico ao invés de ser parte efetiva do processo educacional. Aprende-se uma ciência que parece ser estruturada marginalmente ao contexto social e às condições sócio-econômicas. Certamente se aponta a importância da ciência na moderna sociedade industrial, mostram-se os milagres científicos como se fossem obra de uma nova espécie de santos ou sacerdotes ecumênicos, que dedicaram suas vidas para o progresso da humanidade. Esta mistificação é quase que um traço característico da educação científica contemporânea.

Se se estuda e se analisa a natureza física de algum sistema prático, é natural que surjam perguntas "não físicas": Para que serve? Quando foi desenvolvido ou inventado? Será que seu inventor sabia seu "conteúdo físico"? Quanto custa e porque custa tanto? Pode ser prejudicial ou perigoso? Que mudou na vida das pessoas com sua invenção e comercialização? Que tipo de aperfeiçoamento pode-se esperar para este sistema no futuro próximo? Há sistemas alternativos que possam desempenhar as mesmas funções deste? Estas são apenas algumas das possíveis perguntas. O esforço de responder a estas perguntas (o leitor pode tentar respondê-las para os motores a combustão interna e para as rádio-comunicações) pode trazer à discussão argumentos de natureza econômica, social ou histórica. Curiosamente, este esforço pode até mesmo ampliar a compreensão física dos alunos e do professor. Rádio e televisão, computadores e usinas nucleares são alguns exemplos recentes de tecnologias fortemente dependentes da física que induziram e foram induzidas por rápidas e profundas transformações sociais.

Num contexto destes e com esta atitude, a "História da Ciência" não será uma enumeração de feitos mas estará ancorada na economia, na cultura e na política das sociedades que produziram ciência. Quem financiava ciência há cem anos? Quem financia hoje? Porque? Estas são algumas questões a serem formuladas e respondidas.

Estes pontos devem ser discutidos em nível similar ao da tecnologia do sistema e não como mera "motivação" para aprender física. Estas coisas têm que ser aprendidas, pensadas e discutidas. Este aprendizado é pelo menos tão relevante para o cidadão quanto a "física propriamente dita" e possivelmente não há lugar melhor para apren

der estas coisas que no próprio curso de física.

### Comentários finais - Que entendemos nós por Educação

Há possivelmente tantos diferentes conceitos de Educação quantos são os diferentes conceitos de Democracia, as diferentes correntes na Psicologia, as diferentes estruturas familiares e daí para frente. Algo parece, hoje em dia, ser alvo comum da maior parte das "Educações": a Eficiência. Se o que se quer é transferir um conjunto de habilidades, isto deve ser feito "eficientemente". Se um certo padrão de comportamento é esperado dos alunos após um curso, quer-se saber quão confiável foi o treinamento. Para se saber quão eficiente é um processo, é preciso avaliá-lo: estudantes, professores, textos, currículos, tudo, absolutamente tudo tem de ser avaliado, quantificado, operacionalizado, etc..

Computadores digitais e psicologia experimental são algumas das poderosas ferramentas da Educação, digo educação, contemporânea: científicas, neutras e objetivas, estas ferramentas podem ter seus feitos medidos e sua eficiência verificada. Diálogo, discussões, investigações livres, sensibilidade, "sacação", intuição, são coisas vagas, possivelmente não avaliáveis, de difícil ou, quem sabe, impossível quantificação e operacionalização. Consequentemente, no que concerne à moderna educação objetiva, estas coisas são não-coisas. Um bom professor, como um bom computador, é algo do qual se espera informações e respostas e nunca dúvidas ou opiniões!

Um grande número de educadores, hoje em dia, está muito próximo dos analistas de sistema; falam o mesmo jargão pobre, usam os mesmos inevitáveis diagramas e têm a mesma fascinação por testes. Para eles o professor é o operador de uma máquina programável ou é a própria máquina. Ora, poderã pensar o leitor, não é justo estar "malhando" a moderna educação científica, forma científica de ensinar ciência. Que mal há em reduzir o processo educacional a uma sequência de operações objetivas? O mal está todo nisto mesmo: na medida que o aluno é tomado como paciente do processo, a passividade é o aprendizado mais indelével. Se se busca um ser ativo resultante da Educação, na própria Educação ele deve ser agente. Outra importante decorrência da passividade imposta ao educando, presente tanto na "científica" educação como na tradicional arenga expositiva, é a cristalização do conteúdo. Estamos fazendo uma dupla crítica, a do método e a do conteúdo e não é preciso esbanjar dialética para perceber que a interrelação entre eles é necessária, inevitável, da mesma forma que a separação formal método/contêudo leva a uma mutilação concei-

tual da Educação e às suas consequências.

Nós deveríamos nos perguntar para que e para quem serve a Educação antes de nos preocuparmos com quão eficiente ela é. Tomemos como base um cidadão genérico, ou, para precisar algo mais, uma pessoa que não tenha cursado a universidade; tentemos determinar quão útil foram para ele seus anos na escola. Discutamos alguns cursos que ele fez e algumas situações concretas de sua vida.

Se ele tenta entender o que está escrito nos jornais, seja sobre a confusão da política internacional, seja sobre a obscura economia nacional, ou mesmo a foto enviada por satélite para a previsão do tempo, em nenhum destes casos ele pode se fiar no que aprendeu na escola. Estudantes de qualquer idade não são considerados "maduros" para se discutir com eles a parcialidade dos jornais dominados por particulares interesses políticos e econômicos e que portanto a mesma notícia é contada diferentemente por diferentes jornais. Normalmente não se discute em sala de aula como o poder é distribuído e usado na sociedade, muito menos como os poderes políticos e econômicos estão ligados entre si. Geralmente dão-se aos estudantes informações históricas parciais e tendenciosas e nenhum elemento que lhe permita uma avaliação crítica do que lhe é dito. Poderíamos conceber uma ditadura militar ou uma nação imperialista que admitisse sê-lo para os estudantes em suas escolas? Claro que não! A eles se deve contar uma outra história e, de preferência, de maneira eficiente. Estas nações não seriam as mesmas se nelas a educação não fosse o que é. Imaginemos, em sala de aula de 2º grau, uma análise da Primeira Guerra Mundial através da comparação de jornais ingleses, franceses, alemães e americanos, da época do conflito. Convenhamos que o paralelo entre as "Educações" e as "Democracias" não é tão distante assim.

Os cursos de Física, Química e Biologia para o nosso "cidadão genérico" também são de certa forma "neutros". Noutras palavras, não lhe servem para nada. Se ele sabe consertar seu velho carro, estejamos certos de que não aprendeu isto na escola. No que depender dela, ele não será capaz de consertar um único aparelho elétrico, não terá critérios para comprar uma câmera. Num mundo que se tornou tão complicado e se modifica tão rapidamente, a Educação deveria dar às pessoas condições para compreender e interferir em seus mundos. O conhecimento deve ser feito ativo e não meramente descritivo. Deve-se começar por um conhecimento factual, prático e real. Abstrações e modelos e generalizações teóricas, aprendidas em seguida, serão também úteis, permitindo ligar fatos diferentes e aumentando o poder analítico do estudante. Estes devem, contudo, ser aprendidos quando o momento está maduro para tal, ou seja, quando o estudante sente neces-



sidade.

Assim como a História é ensinada "independentemente" da Economia e da Política, resultando numa mistificação de cada um destes temas, o mesmo se dá com a Tecnologia e a Ciência. Só é possível avaliar criticamente a tecnologia contemporânea e os sistemas sociais em que esta se desenvolve se se compreender sua interrelação. Se a ciência é ensinada independentemente da tecnologia que lhe é correlata e esta independentemente da economia, etc., cada uma destas estruturas (Ciência, Tecnologia, Economia, etc.) se torna mística, isolada. Desta forma, educação não é uma via para a emancipação mas um instrumento "neuro" de mistificação e dominação. Não creio que se devam fundir (ou "integrar") os cursos de Física, Química ou outros. O que se deve, isto sim, é ligar cada um deles com a realidade.

Pode bem ser que o tipo de Educação que defendo seja difícil de controlar e avaliar. Devemos então tentar resolver este problema. Avaliação e método de controle devem ser decididos em função da proposta educacional e não vice-versa.

Resta ainda questionar, quem sabe, de onde vem esta inabalável convicção na importância do diálogo e da discussão. Porque o diálogo é um bom método de aprendizado? Sócrates teria possivelmente uma resposta mais convincente mas eu tenho ao menos uma justificativa: é praticamente impossível dar a alguém sistematicamente informação falsa ou inútil se se der a este alguém a oportunidade de formular problemas, verificar respostas e dar sua opinião.

Finalmente, talvez devesse me desculpar por não citar autores que poderiam ter sido citados, ao menos para termo de comparação. No que toca à Ciência e Educação em Ciência, posso esclarecer que estou em quase perfeito desacordo com as formulações filosóficas e educacionais professadas por Popper, Skinner e mesmo Kuhn. Por outro lado, ter lido os trabalhos de Bertolt Brecht e do educador Paulo Freire foi fundamental para as idéias que orientam minha prática como professor e que se refletem, talvez desordenadamente, no presente artigo.