



## ENSINO DE ENGENHARIA E ENSINO DE CIÊNCIAS DAS DISCIPLINAS EXPERIMENTAIS: PROPOSTA DE AÇÕES PEDAGÓGICAS

### **Dirceu da Silva**

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Departamento de Metodologia do Ensino - 13083-970 - Campinas, SP, Brasil

### **Caio Glauco Sanchez**

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento Engenharia Térmica e Fluidos - 13083-970 - Campinas, SP, Brasil

### **Norton de Almeida**

Universidade Estadual de Campinas, Colégio Técnico de Campinas, Rua Culto à Ciência, 177 - 13020-060 - Campinas, SP, Brasil

### **Jonhson Francisco Ordenez**

Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física Gleb Watagin, Departamento de Física do Estado Sólido e Materiais - 13083-970 - Campinas, SP, Brazil

### **Jurandir C. N. Lacerda Neto**

### **Cassio Dias da Silva**

### **Jomar Barros Filho**

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, alunos do programa de pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação - 13083-970 - Campinas, SP, Brasil

***Resumo.** Hoje há uma confusão na forma essencial de como deve ser um laboratório dos cursos de engenharia. Buscamos aqui apresentar as diferenças entre as ciências e a tecnologia para caracterizar como esses campos do saber são estruturados. A partir disto, apresentamos um conjunto de dez propostas para o ensino de disciplinas experimentais nos cursos de tecnologia.*

***Palavras chave:** Ensino de engenharia, Laboratório, Propostas de ensino.*

## **1. INTRODUÇÃO**

O ensino de disciplinas tecnológicas e técnicas, sobretudo as experimentais, tem sido tratadas, em muitos casos, de forma semelhante àquelas científicas ou ainda, em outros como sendo uma “Física ou Química do cotidiano” ou uma “Física ou Química aplicada”. Assim, equipamentos e dispositivos diferentes daqueles usados em laboratórios didáticos das ciências naturais são tratados, nas aulas experimentais, com a mesma metodologia de ensino.

Vivemos em uma sociedade altamente tecnológica, em que os dispositivos, artefatos, processos e soluções para as nossas demandas estão em mudança muito rapidamente.

Repetir o que era feito com sucesso, há décadas passadas, representava a garantia e sobretudo a permanência em um bom emprego. Hoje, o que se aprende nos cursos

universitários fica obsoleto em pouco tempo. Adaptar-se, ser auto-suficiente para aprender e atualizar-se, são os novos paradigmas impostos.

Como a área dos conhecimentos técnicos e tecnológicos está à frente destas novas mudanças, urge buscarmos encontrar respostas mais qualificadas para o ensino de engenharia, pois há a necessidade de se formar técnicos que tenham uma nova característica: possam vir a se adaptar mais rapidamente às condições expostas acima.

O ponto principal deste trabalho é a busca de respostas para os aspectos semelhantes e diferentes sobre as aulas experimentais de laboratório nas disciplinas tecnológicas. Para tal, apresentaremos algumas considerações sobre as distinções entre essas áreas do conhecimento e algumas propostas prévias sobre as suas naturezas.

## 2. EM QUE A TECNOLOGIA SE DISTINGUE DAS CIÊNCIAS?

Há uma confusão generalizada sobre a natureza da tecnologia, talvez por razões históricas. A Ciência, nasce na Grécia antiga, supostamente com Tales de Mileto, no século IV a.C. (Ronan, 1987), como um corpo de conhecimentos estruturais e explicativos e não como uma coleção de elementos e fenômenos como havia, por exemplo, na China antiga (Needham, 1977).

Paralelamente, as técnicas eram desenvolvidas de forma empírica pelos artesãos. Essas técnicas eram transmitidas de forma oral e pelo trabalho subordinado, como é a prática realizada desde a idade média européia (Hubermann, 1989)

Assim, na Europa medieval, enquanto a Ciência era o produto da nobreza e das altas esferas de intelectuais, a tecnologia era praticada de forma empírica por aqueles que não estavam ligados ao poder político. reis e rainhas cercavam-se de cientistas e artistas, mas não de artesãos. Mesmo sabendo que em alguns casos há uma “zona cinzenta” entre estes dois campos do saber. A exemplo, podemos lembrar de Galileu, que, ao desenvolver a luneta, toma emprestado as técnicas dos artesãos vidreiros, que há muito já produziam lentes na Holanda. Ou ainda, o próprio Tales de Mileto, que descreve e busca explicações causais para os fenômenos elétricos básicos, mas estes eram observados como prática cotidiana (Kneller, 1978).

Grosso modo, até às portas da idade moderna, o que distinguia a Ciência da Técnica era a sistematização explicativa. Enquanto a primeira só existia devido à teorização, a segunda ficava ao sabor do empirismo. Mesmo desta forma, as marcas quanto às finalidades já se delineavam: a Ciência tinha o propósito de explicação do âmago da natureza e a tecnologia carregava em si as necessidades e as demandas das sociedades, apesar da interdependência de ambas (Díaz, 1998). Gilbert (1995), apresenta um conjunto de diferenças entre vários aspectos da ciência e da tecnologia quanto a:

**finalidade** - explicação *vesus* fabricação; **interesse** - natural *vesus* artificial; **método** - analítico *vesus* sintético; **procedimentos** - a simplificação do fenômeno *vesus* a complexidade devido a necessidade de realizar algo e **resultado** - conhecimento generalizável *vesus* objeto particular.

Como o explicar e teorizar é, até hoje, envolto de uma atmosfera mais coerente e estrutural, a Ciência sempre teve o *status quo* de campo do saber de “primeira classe” enquanto a tecnologia, ficava restrita a um nicho de aplicação e de consequência daquela (Layton, 1988).

É só no período pós-modernidade, com a revolução industrial consolidada, que a tecnologia começa a ser um campo de saber estrutural e teórico.

Deste período até hoje a área de tecnologia tem ganho mais relevo e importância, chegando a ter sugestões de organismos internacionais recomendando que se introduza elementos da tecnologia nos currículos de ciências (UNESCO, 1990) dos níveis de ensino mais

elementares. Sugestões desse tipo têm uma grande importância, pois sintetizam necessidades atuais da sociedade que tem causado alguma confusão entre as duas, pois são os mesmos professores que ensinam os dois tipos de saberes. Muitas vezes da mesma forma. Este fato tem sido alertado por vários pesquisadores (Díaz, 1998).

Ainda, a grande confusão que aparece nas concepções das pessoas é acreditar que tecnologia são os equipamentos gerados a partir dela. Isto pode fazer com que se acredite que basta saber ligar o equipamento, conhecer as siglas que os fabricantes criam e utilizá-lo, para ser *expert* em tecnologia.

### **3. O QUE PROPOMOS PARA O ENSINO DE ENGENHARIA EXPERIMENTAL**

Uma das grandes diferenças, aparece quando falamos em ensino experimental ou ainda, está na concepção desses dois tipos de laboratórios.

Como apresentamos acima, um dos aspectos mais relevantes são os relativos aos procedimentos usados na ciência e na tecnologia, enquanto a primeira busca a simplificação dos fenômenos, a segunda carrega em si a complexidade da necessidade de realizar algo.

Mais explicitamente, os equipamentos usados nos cursos de Física, podem ser construídos eliminando-se ou minimizando-se o efeito de algumas variáveis dos fenômenos. Ou ainda, mostrando certos aspectos que se queira enfatizar. Já os equipamentos tecnológicos têm uma característica marcante: por mais que sejam simplificados, ainda são dispositivos usados no cotidiano. Isso implica uma dificuldade para se controlar certas variáveis intervenientes. Por exemplo: quando se estuda capacidade térmica dos corpos, pode-se conseguir calorímetros didáticos que tenham uma perda de calor minimizada. Ao contrário quando em um curso de engenharia térmica se estuda um motor a explosão, tem-se um equipamento que possui todas as características daqueles usados em automóveis. Dessa forma, como no nosso caso, o motor é integral, por mais simples que seja.

Claro que podemos sempre fazer simplificações, mas o que estamos chamando a atenção aqui, está na característica essencial dos equipamentos: O limite de simplificação para o caso da tecnologia é muito menor que para o caso das ciências.

Seria isto um problema de difícil solução?

Muito pelo contrário Essa marca de não se poder simplificar, mais colabora a nosso favor, na intenção de formar técnicos mais críticos.

Primeiro, deixemos claro que não concordamos com os ensinamentos tradicionais de Física ou de Química ou de Engenharia, que ocorrem com roteiros preestabelecidos com todos os passos que os alunos devem seguir. Esta situação permite que poucos alunos consigam aprender. Na maioria das vezes, nos cursos de laboratório, poucos acabam por copiar relatórios ou realizar experimentos de forma “mecânica” sem reflexões acerca do que se pretendia ensinar.

Assim, indo diretamente para a nossa proposta de ensino, propomos:

1. Superar a idéia que basta ter-se os laboratórios. Deve-se resgatar as concepções mais amplas do que venham a ser estes ambientes de ensino: *Labor* = trabalho e *Oratórium* = reflexão! Não se pode pensar no ensino experimental como encerrado em si mesmo, como um situação dada, que basta ter-se para se conseguir ensinar e formar engenheiros críticos.
2. Superar a idéia de que basta ver para aprender. Todo professor mais atento sabe que nas situações de ensino mais tradicionais, no sentido dados acima, o laboratório passa a ser uma atividade enfadonha, que prima mais pelo “trabalho braçal” do que pelo aprendizado significativo. Alunos chegam a ser orientados pelos veteranos a ter posturas e sobre as formas de copiar relatórios para “cumprir a tabela”, como em um jogo onde sabe-se de antemão os resultados. Além do mais, um sujeito só apreende o que a sua estrutura

cognitiva permite ele inferir (Garcia, 1982 e Halbwachs, 1981). Como temos sujeitos diferentes, teremos que usar de estratégias que permitam a superação da mera observação empírica.

3. Os equipamentos e dispositivos devem conter possibilidades de serem desregulados, isto é, estes devem ser construídos com elementos variáveis que permitam ser ajustados segundo conveniências. No caso de um motor a combustão, pode-se, além das admissões de combustível e ar, introduzir, por exemplo, um parafuso com rosca fina nas câmaras de combustão para variar o seus volumes ou colocar elementos nas válvulas para que a entrada da mistura e a saída de gases sejam irregulares.
4. Criar um ambiente de investigação. Os experimentos devem ser iniciados por um questionamento que permita fazer os estudantes pensarem sobre o que é que se quer ensinar; sobre os fenômenos envolvidos e sobre formar alternativas de fazer a mesma coisa. Em uma concepção mais próxima da realidade, deve-se permitir que os estudantes possam ter acesso às informações sobre o tipo de tecnologia envolvida nos dispositivos e sobre os elementos da história do desenvolvimento dele. No caso do nosso motor a combustão, pode-se perguntar: Quais são as variáveis significativas para que o motor trabalhe com rendimento máximo? O que poderia ser feito para que ele fosse mais eficiente? Como seria um motor ideal? O que ele deveria atender?
5. Fomentar o trabalho em grupos cooperativos. Hoje, diferentemente do passado recente, não se desenvolvem novas tecnologias isoladamente. Há a necessidade de se trabalhar em equipes, de forma que um engenheiro deve saber inserir-se nesse contexto e permitir que todos possam vir a crescer. Os questionamentos propostos em 2 devem ser debatidos e discutidos pela equipe e esta deve apresentar um conjunto de propostas e respostas para que sejam debatidas por todo o grupo classe. Só a partir disto que sugerimos iniciar propriamente dito a experimentação.
6. Criar uma perspectiva metacognitiva. Isto é, que os alunos possam vir a refletir sobre o que propuseram e sobre o que viram “na prática”. Não se pode perder o que foi discutido e debatido. Os alunos devem ser levados a criar um espírito questionador e crítico, em relação aos outros e em relação a si próprios.
7. Fazer do relatório um conjunto de sistematizações do processo. É mais importante o processo vivido do que os resultados (burocráticos) que um grupo de alunos pode apresentar. Refletir e sistematizar os processos permite que os alunos possam desenvolver seu próprios métodos de busca de soluções. Quando formamos alunos que podem vir a apresentar caminhos diferentes daqueles já trilhados, estamos criando hábitos de autonomia e de desenvolvimento de possibilidades novas. A construção de novas possibilidades distingue o nível dos profissionais e a qualidade das possíveis adaptações que estes irão fazer nos seus ambientes de trabalho.
8. Permitir que durante todo o processo os alunos possam formular hipóteses e testá-las. Há em muitas Universidades oficinas bem estruturadas que poderiam, entre outras coisas, auxiliar os alunos a construir novos equipamentos e a fazer mudanças estruturais nos que existem ou, ainda, agregar novos elementos a estes. Dessa forma, os laboratórios passam a ser muito mais dinâmicos nas suas concepções, além de estabelecer um ponte imprescindível entre o conhecimento teórico da academia e os saberes e experiências dos técnicos que trabalham na manutenção, estreitando as relações entre o conhecimento erudito e a experiência de vida daqueles.
9. Definir um conjunto de experimentos centrais e essenciais. Não se pode ensinar tudo o que pretendemos, Deve-se selecionar um conjunto de experiências mais significativas para que os alunos tenham maior contato com estas, dentro daquilo que estamos propondo. Teríamos um número menor de equipamentos, mas estaríamos garantindo um

aprendizado mais intenso e significativo; quando se consegue desenvolver o espírito crítico, ganha-se na autonomia.

10. Discutir o relatório, buscando dar *feed-backs* aos alunos. Normalmente, finalizam-se as atividades com a devolução dos relatórios, apenas. Assim, não é permitido aos alunos saberem quais foram as qualidades e defeitos que estes instrumentos possuem. Os professores devem marcar um horário com os integrantes de um grupo para fazer comentários sobre o processo ocorrido. Além de caracterizar a seriedade do processo, pode-se ainda debater outros aspectos que nunca são explicitados, tais como o que se esperava deles e o que foi realizado.

#### 4. À GUIA DE CONCLUSÕES

Tentamos aqui apresentar um conjunto de propostas para o ensino de disciplinas experimentais dos cursos de engenharia. Partimos das diferenças que existem entre a concepção de ciências e de tecnologia para estabelecer que a diferença essencial está na complexidade inerente dos artefatos tecnológicos.

Pretendemos com isso ascender uma discussão mais estrutural para avançarmos nas nossas investigações acerca de como se pode formar engenheiros e técnicos mais críticos.

Assim, buscamos caracterizar que a tecnologia constitui em um campo do saber próprio, apesar da dependência que esta possui de outros. Também frisamos que as características próprias dela são muitas vezes diferentes da ciência.

A partir dessas considerações apresentamos um conjunto de propostas que podem fazer com que os cursos experimentais de engenharia e tecnologia busquem os seus espaços, superando a confusão reinante: ora se pensa nesses cursos de forma similar aos de ciência e ora se busca apenas uma “vivência” empírica dos artefatos da tecnologia, apesar da maioria dos professores admitirem que esses ambientes educacionais têm muita importância (Donnelly, 1998).

Finalizando, acreditamos que ainda é necessário fazer muito para que tenhamos respondido todas as nossas indagações, pois precisamos testá-las integralmente à luz da realidade.

#### REFERÊNCIAS

- Gilbert, J. K., 1995, Educación Tecnológica: Una Nueva Asignatura en todo el Mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1): 15-24.
- Garcia, R., 1982, El Desarrollo del Sistema Cognitivo y la Enseñanza de la Ciencias, *Educacion (Consejo Nac. Tec. de la Educacion de México)*, n. 42.
- Halbwachs, F., 1981, Apprentissage des Structures et Apprentissage des Significations, *Reveu Française de Pedagogie*, n. 57, pp. 15-21.
- Díaz, J. A. A., 1998, Análisis de Algunos Criterios para Diferenciar entre Ciencia y Tecnología, *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3): 409-420.
- Kneller, G.F., 1978, A ciência como atividade humana. São Paulo, ZAHAR/EDUSP.
- Needham, J., 1977, La Gran Titulación - Ciencia y Sociedad en Oriente y Occidente. (trad. R. M. Silvestre), Madrid, Alianza Editorial.
- Ronan, C.A., 1987, História Ilustrada da Ciência, 4 volumes, (trad. J.E. Fortes), Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editor.
- Layton, D., 1988, Revaluating the T in STS, *International Journal of Science Education*, 10(4): 367-378.
- Hubermann, L., 1988, A História da Riqueza do Homem, 29ª edição, São Paulo, Ed. Record.

Unesco, 1990, The teaching of Science and Technology in Interdisciplinary Context. Science and Technology, Documents Series, 38, Paris. UNESCO.

## **ENGINEER TEACHING AND SCIENCE TEACHING IN LABORATORY: TOWARD THE PEDAGOGY PROPOSAL**

***Abstract.** Today have a confusion between science and technology teaching. When we talk about laboratory technology teaching, we make same then a scientifique laboratory. we proposal a set of considerations for a superation the tradicional theaching. The mean proposal is a formation the new critical engineear.*

***Keywords.** Enginerr teaching, Laboratory, Teachuing proposal.*