

# O ensino de Engenharia passado a limpo

CLAUDIO DE MOURA CASTRO – ASSESSOR DA PRESIDÊNCIA

GRUPO POSITIVO

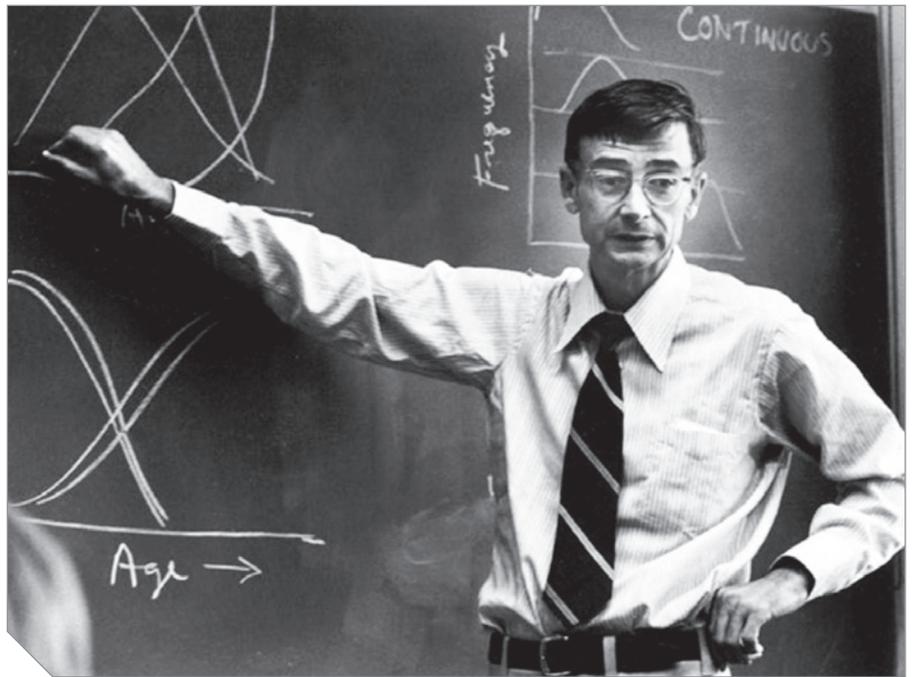
Como é possível que uma profissão cujo papel é construir o novo mundo possa ficar tão atrasada na preparação dos futuros engenheiros, a quem caberá esta tarefa? Esse é o tema do presente ensaio.

Revisitamos a evolução do ensino da Engenharia, incluindo o Brasil. Em seguida, considerando a inteligência das mãos, pregamos um ensino mais prático e literalmente, com a mão na massa. Diante deste desafio, revisamos as velhas e as novas maneiras de se conduzir uma sala de aula. Finalmente, tentamos alinhar as novas tendências no ensino, inauguradas em algumas instituições de ponta.

## I. NASCIMENTO E EVOLUÇÃO DO ENSINO DE ENGENHARIA

O ensino para as carreiras científicas tem uma longa história e pouca mudança. A maneira de se ensinar Física ou Biologia é mais ou menos a mesma que se observava em séculos pretéritos. Simplificando, é aula teórica e laboratório.

Mas certas carreiras profissionais, cujo ensino é mais recente, encontram uma escolha difícil de enfrentar, pois têm um lado teórico distante de um outro prático. O que é rabiscado no quadro negro é uma imagem esmaecida do mundo real. É árduo o desafio de combinar os dois?



Os médicos que conhecemos são o produto de um cruzamento que se deu no século XIX. Intelectuais que nem sequer tocavam nos pacientes fundiram-se com os barbeiros que eram também cirurgiões. Surpreendentemente, conseguiu-se uma excelente harmonia entre o ensino das teorias e a clínica médica. De fato, é o único curso profissional em que os dois lados convivem bem.

Em que pese esta proeza do ensino médico, a convivência do ensino das teorias com o desempenho na prática sempre foi o calcanhar de Aquiles do ensino das profissões. A Administração de Empresas é um caso clássico. Busca preparar pessoas para a

prática, mas seu ensino se refugia na exposição de teorias e pseudoteorias. De prática, quase nada.

A Engenharia é um caso muito mais convoluto. Faz pouco mais de um século, muitos dos engenheiros não eram mais do que mecânicos práticos. A grande revolução se dá ao início do século XIX, com a fundação da *École Polytechnique*, que vai para o extremo oposto, pois foi fundada por cientistas. Cria-se então um curso com muita ciência, muita Matemática, atividades em laboratórios e quase nada de prática. Os polos da prática sem teoria e da teoria sem prática são os casos extremos dos muitos modelos de engenharia atuais.

Curiosamente, a *Polytechnique* foi a fonte de inspiração para uma radical mudança de rumo do ensino americano. Não deve ser coincidência, mas a *École Polytechnique* é uma escola militar e a americana que primeiro a copiou foi *West Point*, que além de ensinar Engenharia, é a academia militar do Exército Americano. O modelo foi progressivamente adotado pelas demais escolas de engenharia que se formavam ou se transformavam.

Sua escola de engenharia combinou a “overdose” de teoria francesa com a sólida índole prática de tudo que se faz naquele país. Ademais, manteve no currículo um substancial conteúdo de Humanidades – inexistentes na tradição francesa das escolas puramente profissionais.

Aparte esse casos polares, o mundo tendeu para soluções paralelas. Na Alemanha, forma-se o *Ingenieur*, mais teórico, em paralelo aos técnicos formados nas *Fachhochschulen*. Com as variantes esperadas, o modelo duplo se reproduziu em boa parte do mundo. Na própria França, em contraponto à Engenharia teórica da *Polytechnique*, foram criados os *Institutes Universitaires de Technologie (IUT)*, versões mais práticas da Engenharia.

## 2. COMO O BRASIL CRIOU A SUA ENGENHARIA

Em grande medida, até a metade do século XX, nossa Educação se inspirou na França. Dada a forte influência cultural deste país, optamos por copiar a *École Polytechnique*. Assim sendo, há muita Matemática e muita teoria. Mas como as cópias tendem agravar as fraquezas do copiado, temos pouco laboratório e ainda menos prática.

Note-se, mesmo na França, trata-se de um modelo elitista, voltado para os poucos candidatos de excelente preparação, o que não é mais o caso entre nós. De fato, sendo um modelo único para todos, chegam às nossas engenharias alunos sem a base científica e de Matemática requerida.

Mas, o que é pior: não temos a solução dupla da França e Alemanha. O tecnólogo deveria cumprir esse papel. Mas nem em quantidade e nem em qualidade consegue dar conta do recado.

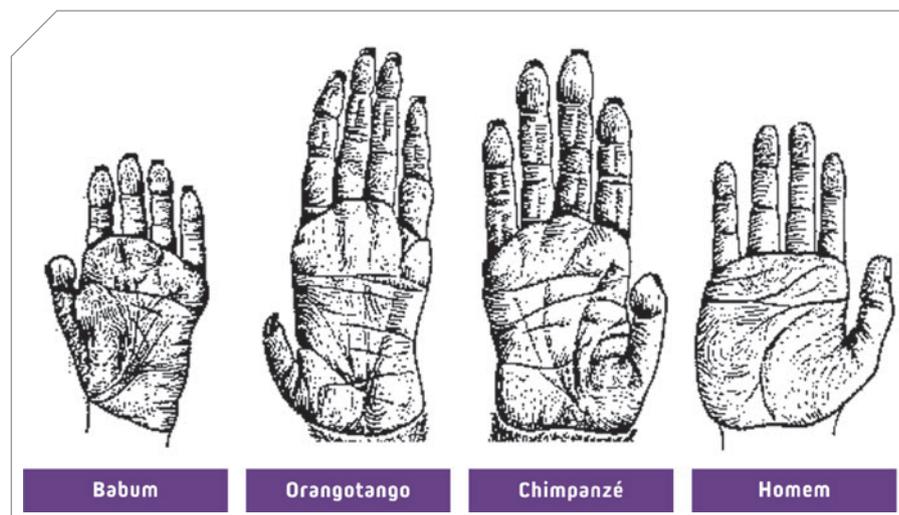
Pensemos na construção civil. O nosso peão é tão analfabeto quanto o argelino que carrega tijolos na obra francesa. Mas acima dele há um francês com um *Certificat d’Aptitude Professionnel* (equivalente ao SENAI). No patamar seguinte está o graduado de um *Lycée Technique* (equivalente ao nosso técnico). Ainda mais alto está o graduado da IUT. E no topo, o soberbo “*polytechnicien*”. Ou seja, há gente com o perfil requerido em todos os níveis da hierarquia da obra.

Dentre nós, acima do peão há o encarregado, um ex-peão, cuja formação é improvisada e cheia de limitações. Não há técnicos e nem tec-

nólogos, pois seu número é ínfimo. E mandando em todo mundo, está um engenheiro que quase nada sabe dos processos sob a sua supervisão. Ou seja, há um vácuo profissional entre o peão e o nosso “*polytechnicien*”. O resultado bem conhecemos, um deles sendo a perda de 30% de materiais na obra. Poucos discordam de que estamos diante de um modelo amplamente disfuncional. Em outros ramos da Engenharia, os problemas podem ser menores, mas não estão ausentes.

## 3. A INTELIGÊNCIA DAS MÃOS E A ENGENHARIA

Na transformação para *Homo sapiens*, deixando de ser um primata irrelevante, duas mudanças chamam a atenção. A primeira é o polegar, que cresce, tornando a mão uma ferramenta muito mais versátil e poderosa. A segunda é o cérebro, que se desenvolve, passando de 300 para 1300 gramas. Mas essas não são evoluções independentes. O cérebro cresce para permitir à mão façanhas antes impossíveis. E a mão estimula o cérebro a crescer, por abrir as portas para manipulações cada vez mais ambiciosas.



Como isso acontece simultaneamente, as conexões neuronais das mãos se localizam nos campos mais novos do cérebro, responsáveis pelo raciocínio analítico – que avançava também nesta etapa. Assim sendo, a mão e a inteligência estão fisicamente conectadas. Dizendo de outra forma, há uma inteligência da mão. Vejamos o que dizem autores acima de qualquer suspeita:

- ▶ “Por ter mãos, o homem é o mais inteligente dos animais”  
(Anaxágoras)
- ▶ “O que temos que aprender, aprendemos fazendo”  
(Aristóteles)
- ▶ “A mão é a janela da mente”  
(Kant)
- ▶ “A Inteligência da mão existe”  
(Charles Bell)
- ▶ “Fazer coisas e fazê-las melhores está na essência da humanidade”  
(Piaget)
- ▶ “Quando a mão e a cabeça se separam, o resultado é uma disfunção mental”  
(R. Sennet)

Se aprendemos com as mãos, uma profissão cujo *leit motiv* é fazer não deveria jamais perder a ajuda das mãos ao ser estudada. Como diz uma corporação de ofício francesa: “O

conhecimento mora na cabeça, mas entra pelas mãos”. Ao construir o que quer que seja, as mãos aprendem e ensinam para o cérebro.

Com esses comentários, passamos a examinar os equívocos da didática predominante nos cursos de Engenharia – que aliás, neste particular, não é muito diferente das outras carreiras. Em seguida, falamos de sua evolução recente.

#### 4. ERROS E ACERTOS NA SALA DE AULA

O ensino de Engenharia comparilha com quase todos os outros cursos os mesmos problemas de uma pedagogia velha e equivocada. Mas isso não é um grande consolo.

Apenas ouvir o professor jamais foi uma boa maneira de aprender. Também pouco é encher o quadro negro e obrigar os estudantes a copiar e memorizar o que lá está. Ensinar assuntos cuja utilidade os alunos não percebem é uma péssima ideia. Entupir os alunos com mais matéria do que conseguem digerir é outro erro contumaz, pois se não dá tempo para entender, o jeito é decorar. Ouvir falar de tudo e não aprender nada em profundidade é o resultado dessa pedagogia.

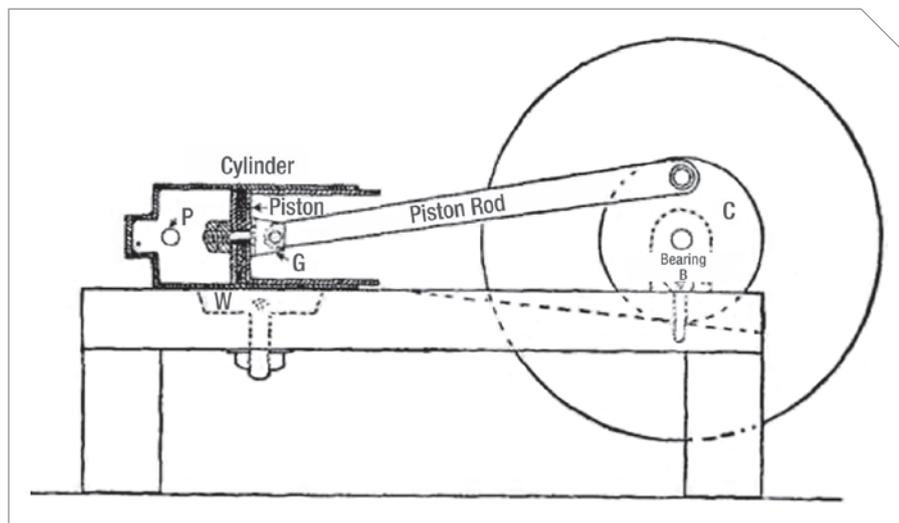
Como na Medicina, a didática da Engenharia deveria ser mais do que óbvia. Uma profissão em que se fazem coisas só pode se aprender fazendo. Mas nos cursos não se pratica, apenas se ouve falar de prática. Lembremo-nos, tecnologia se aprende fazendo e não vendo a foto da máquina no livro.

Esses são os problemas, sérios e muito bem conhecidos. De fato, a educação acontece na sala de aula e sem uma aula eficaz não há salvação. O lado bom é que conhecemos também os caminhos certos.

A primeira lição importante é que só se aprende quando se aplica. O professor dá uma aula brilhante. O aluno fica admirado e acredita que aprendeu. Mas se for proposta uma aplicação, verá que não havia aprendido. Tem então que lutar bravamente com o assunto novo, até conseguir entender. Mas na volúpia dos currículos frondosos e exagerados, raramente se aplica o ensinado. Fica então o aluno na ilusão de que sabe, talvez quebrada no dia da prova – se esta pedir aplicação. Se isso não acontecer, é na obra ou na fábrica que vai tomar conhecimento das profundezas da sua ignorância.

É preciso entender claramente o que é aplicação. Se a resposta está no livro ou foi mencionada pelo professor, não é aplicação, mas um mero exercício de memória. Aplicar é ser capaz de resolver um problema que não foi proposto, que não é o mesmo da aula. No fundo, é testar a portabilidade do conhecimento.

Em uma área aplicada como a Engenharia, a prática não é simplesmente aplicar mecanicamente números a um algoritmo. A teoria não explica tudo, não prevê tudo. É necessário



experimentar e, por via de consequência, errar. E errar muito não é má ideia. É a chance de entender em maior profundidade. A tolerância diante do erro faz parte da profissão. Obviamente, não é na construção da imensa ponte que se defende o direito de errar. É no processo de aprender.

Outro princípio mais do que central no aprendizado é a contextualização. De uma forma ou de outra, os bons professores sempre mostraram as ideias novas no bojo de outras já familiares aos alunos. Esta boa prática foi confirmada por ampla pesquisa, demonstrando que quando se aproxima a ideia nova do que o aluno já conhece, o nível de aprendizado é bem superior.

Uma coisa é decorar uma fórmula. Outra coisa é entender o que realmente ela quer dizer, como formulação sintética de uma teoria relacionando algumas variáveis. Há inúmeras maneiras de contextualizar, para que a lei seja realmente aprendida e não apenas memorizada. Por exemplo, contando histórias, usando metáforas, analogias ou através de problemas e projetos.

Um dos fracassos mais conhecidos nos cursos de Engenharia é a altíssima reprovação na disciplina de Cálculo I. De fato, pode chegar a 50%. Mas a razão é simples, o cálculo não é contextualizado. Os professores não explicam para que serve cada conceito ou como pode ser aplicado no mundo real.

Felizmente, há bons exemplos de inovação por aí. Devemos considerar quatro direções que está tomando o novo ensino de engenharia.

1 – *O uso do método indutivo*, substituindo a tradição dedutiva fran-



cesa. Tudo começa com um problema real.

- 2 – *Aplicação antes de aprender a teoria*. O problema real desperta interesse e a busca de uma solução, ainda que trôpega, prepara a cabeça para entender a teoria.
- 3 – *O que se ensina será contextualizado*. Como já foi dito, o novo precisa ser mostrado em uma situação real e familiar para o aluno.
- 4 – Mão na massa!

Obviamente, o dito acima não passa de um resumo curto das falhas e das boas práticas no ensino de Engenharia. Mas pelo menos, dá uma ideia dos principais culpados pelos maus resultados, bem como aponta para novos rumos e estratégias de ensino.

## 5. REPENSANDO A ENGENHARIA E SEUS CURSOS

Grandes cabeças estão hoje tentando repensar os cursos de Engenharia. O exemplo mais destacado é o *Olin Institute*, cujo curso foi criado do zero e concebido por um time ex-

cepcional de figurantes. A Universidade de Illinois adotou o modelo do Olin e imagina-se que Olin será imitado múltiplas vezes, pois foi criado com esta intenção. As grandes universidades americanas experimentam também em outras linhas. A Inglaterra se revela talvez como o maior laboratório de experimentos em novos modelos de cursos de Engenharia.

No Brasil, ainda que tardiamente, instituições como a Politécnica da USP, o ITA e o IME formulam programas ambiciosos de reformulação dos seus cursos. E resta lembrar o Insper que criou um curso com assessoria direta de Olin. Diante deste início de movimentação, outras instituições começam a repensar seus cursos. O momento é interessante.

Vale a pena tentar rascunhar os novos rumos pensados para o ensino da Engenharia. O que está dito adiante foi fortemente inspirado por um encontro no ITA, no qual grandes figuras do ensino da Engenharia, brasileiros e estrangeiros, discutiram o assunto<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> E TAMBÉM, PELO JÁ CLÁSSICO LIVRO DE D. GOLDENBERG E M. SOMMERVILLE, A WHOLE NEW ENGINEER (DOUGLAS: TREEJOY: 2014)

Como foi claramente dito no evento citado, a Ciência busca entender o mundo. Já a Engenharia usa a Ciência para construir ou mudar o mundo. Mas a esse legado científico, soma milênios de experiência de fazer. Dito de outra forma, engenharia é combinar ciência com “fazeção”. Também é preciso entender, Engenharia não é um corpo estático de conhecimentos, mas um processo de usar ciência e experiência para fazer o que quer que seja.

A Engenharia combina a beleza da ciência com a solução de problemas reais. Um dos seus grandes atrativos é estar sempre com um pé em cada lado desta dualidade teoria/“fazeção”.

No modelo Olin, há sempre a preocupação de começar com um problema, ou melhor, um mistério. Por que o viaduto caiu? Por que a cozinha explodiu? Por que o acidente com o avião? Tenta-se dar ao curso uma índole de decifrar mistérios e enfrentar desafios.

Fala-se sempre em resolver problemas como o objetivo de um bom curso de Engenharia. Mas em Olin, isso é pouco, considera-se essencial descobrir onde está o problema e não apenas encontrar soluções para os problemas propostos.

Ao longo do curso, espera-se que os alunos criem empresas de verdade. Com efeito, está disponível a cada aluno um crédito de 50 mil dólares para iniciar a empresa concebida.

Outra característica interessante do curso é a presença próxima das empresas, não apenas colaborando, mas discutindo o que deve e o que não deve ser ensinado.

Olin segue a tradição americana de oferecer um ciclo de educação geral dentro dos quatro anos de graduação (em contraste com a chamada Escola Napoleônica francesa, adotada no Brasil, na qual o ensino superior é puramente profissional). Não obstante, vai um pouco mais longe, insistindo nas Humanidades, nas leituras e na redação. Ou seja, o objetivo é formar um aluno que enxerga além das equações e das oficinas.

Há também uma preocupação de instilar valores, tais como o cultivo da cultura da inovação e da percepção da beleza nas obras. Além disso, o aluno deve aprender a trabalhar em equipe. Tem também que entender que o engenheiro imprevista e que tudo pode ser melhorado. Como já se disse, o bom engenheiro é quem faz com um dólar o que qualquer idiota gasta dois. E para tais empreendimentos, convive sempre com o risco e a incerteza.

Seja em Olin, seja nas grandes escolas de engenharia que se reinventam nos dias de hoje, há uma visão clara de que a missão do engenheiro é criar um mundo novo, diferente e melhor. O engenheiro deve sempre estar se perguntando: o que está mal, como posso melhorar, como posso consertar ou revolucionar alguma coisa? O desafio da criação e da invenção é permanente.

Mas ao mesmo tempo, os pés precisam estar solidamente no chão. Só há inovação quando alguém compra. Engenharia é a fusão da ciência com o negócio.

Tudo tem custo e tudo pode ser feito de diferentes maneiras. O desafio é combinar uma boa solução técnica com a sua viabilidade eco-

nômica. É da natureza da profissão que sem o lado econômico não é Engenharia, mas sim alguma forma de diletantismo. Ou o cliente paga a conta ou não se sai da miragem.

E também se deve entender que sempre paira o risco de que os concorrentes consigam fazer melhor ou mais barato. A competição é parte do cotidiano de um engenheiro.

Engenharia é integrar a inovação com o negócio. Tudo começa com um bom diagnóstico: onde estamos, o que não funciona bem, o que poderia mudar, o que pode ser melhorado? Mas note-se que, nesta etapa, é mais ciência do que técnica. É na hora de encontrar e escolher soluções que se entra no seu âmago.

Voltamos a insistir, a Engenharia não é movida pela curiosidade, mas pelo negócio. Fazer é só o início. Alguém precisa comprar. Portanto, vender pode até ser mais crítico ou difícil do que criar um produto novo.

Há muitos exemplos mostrando que uma tecnologia mais ou menos, porém bem vendida, faz mais vantagem do que outra perfeita, mas que não se impôs no mercado. O exemplo clássico é o *VHS* que desbancou o *Betamax*, apesar de ser uma solução tecnicamente inferior.

Resumindo, os grandes centros de ensino de engenharia borbulham com propostas de mudança. Já passaram da fase de serem apenas cogitações de professores idealistas ou inquietos. Há muitos experimentos bem sucedidos de transformação dos cursos. Mesmo no Brasil, alguns dos melhores cursos estão planejando mudanças muito significativas, seja no como, seja no que ensinar.

Assim sendo, é hora de embarcar. 

