

REVISITANDO O MODELO POLITÉCNICO DESDE SUAS ORIGENS

Agamenon R. E. Oliveira – agamenon.oliveira@globo.com
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Departamento de Mecânica Aplicada e Estruturas
Bloco A – 2º. Andar
Cidade Universitária – Rio de Janeiro – RJ - Brasil
CEP – 21945 - 970

Resumo: *Qualquer proposta de mudança mais significativa no ensino de engenharia no sentido de melhor adequá-lo a uma nova conjuntura na economia e nas relações sociais, estará sempre marcada pela importância cada vez maior da inovação tecnológica e pela globalização. Uma visão crítica do modelo politécnico de ensino da engenharia trará em seu bojo este traço fundamental. Neste trabalho, apresentaremos alguns elementos relevantes para este debate, além de algumas propostas de mudança. O modelo politécnico francês é apresentado no contexto da Revolução Francesa vitoriosa, bem como sua aplicação no Brasil em uma conjuntura sócio-cultural completamente diferente. Além disso, o novo cenário da economia internacional e seus rebatimentos sobre o mundo do trabalho também são discutidos.*

Palavras-chave: *Ensino de engenharia, História da engenharia, História da Escola Politécnica, História da tecnologia.*

1 INTRODUÇÃO

O contexto social, econômico e político no qual os engenheiros estão sendo chamados a atuar vem mudando qualitativamente principalmente a partir dos anos 80. As novas tecnologias, a associação da informática às tecnologias da comunicação, as chamadas TIC's, a biotecnologia e principalmente as nanociências e a nanotecnologia, estão produzindo uma nova revolução tecnológica e transformando em profundidade o mundo do trabalho (ANTUNES, 1995).

Neste contexto, o mercado de trabalho para engenheiros tem acompanhado “pari passu” essas transformações ampliando suas possibilidades de atuação para outros setores, como o de serviços e o sistema financeiro. Para os próximos anos os setores industriais que englobam a extração e o refino de petróleo e gás no Brasil deverão ser os mais intensivos na absorção de engenheiros e profissionais afins, tendo mais que dobrado a participação desses profissionais no total da força de trabalho no período de 1986 a 2009. Este setor, com as novas reservas do pré-sal seguirá expandindo sua demanda por engenheiros a taxas entre 13% a 19% ao ano. Admitindo-se um crescimento na economia em torno de 4% ao ano entre 2011 e 2020, com uma expansão média de concluintes dos cursos de engenharia, cerca de 40% dos engenheiros do país serão requeridos pelo mercado de trabalho assalariado em 2020. E esses novos profissionais deverão ter uma formação significativamente diferente da que é atualmente ofertada pelas Escolas de Engenharia do país. Neste sentido, uma visão mais ampla e histórica do modelo politécnico se faz necessária para uma discussão em profundidade de suas debilidades e virtudes para o enfrentamento da nova conjuntura e das novas exigências na formação dos engenheiros.

2 O CENÁRIO INTERNACIONAL

A internacionalização da economia nas últimas décadas e o impacto das tecnologias na sociedade criaram não só um novo contexto, mas também uma nova divisão internacional do trabalho e do conhecimento e, conseqüentemente, novas oportunidades para a engenharia dos países emergentes. No entanto, para que essas possibilidades se concretizem os engenheiros devem enfrentar uma crescente complexidade e interdisciplinaridade de suas tarefas requerendo novas aptidões e habilidades. É possível sintetizar este novo contexto enumerando suas principais características (OLIVEIRA, 2007):

- 1) As desregulações dos mercados e até de algumas profissões, as privatizações e aberturas de mercado, o crescimento da importância dos setores financeiros e a maior insegurança e precarização dos vínculos de trabalho.
- 2) O papel das novas tecnologias, o aumento e a rapidez das telecomunicações e da capacidade de transmitir grande massa de dados a longa distância e em tempo extremamente reduzido, as redes de comunicação e o aumento da importância da informática e, finalmente, o surgimento da nanotecnologia e da biotecnologia.
- 3) A busca por maiores aumentos de produtividade, levando a novas formas de organizar os processos de trabalho, a automatização dos processos de fabricação e de projeto, diminuindo a necessidade dos engenheiros atuarem junto as máquinas ou no “chão-de-fábrica”.
- 4) O aumento da necessidade de engenheiros no setor de serviços, com postos de trabalho mais próximos dos clientes e mais voltados a satisfazerem suas demandas e necessidades.
- 5) O aumento da consciência pública das limitações energéticas e de se preservar o meio ambiente e atender as questões colocadas pela ecologia. Isto tem indicado que a busca por novas formas de energia é uma área bastante promissora da engenharia. Além disso, o estudo da reciclagem dos materiais e das pesquisas de impacto ambiental crescerão de importância.
- 6) O aumento do peso dos direitos do consumidor na fabricação dos produtos e no fornecimento de serviços.
- 7) O aumento da importância de uma engenharia de “software”, com um ciclo que engloba desde a modelagem matemática do problema até a elaboração de algoritmos e programas computacionais e sua documentação para fácil utilização por parte dos usuários.
- 8) A ampliação das formas de trabalho imaterial torna-se uma tendência do sistema de produção contemporâneo, uma vez que ele carece crescentemente de atividades de pesquisa, comunicação e marketing para obtenção antecipada de informações oriundas do mercado.
- 9) A crise profunda que atingiu as economias centrais principalmente os EUA em 2008, acarretou uma brutal intervenção estatal nos seus sistemas financeiros. O resultado no curto prazo é uma reversão dos processos mais abertos de desregulamentação e algumas medidas de regulação dos sistemas financeiros e um maior controle ambiental.

Evidentemente, os novos engenheiros deverão ter uma formação significativamente diferente de forma a enfrentar com sucesso esses novos desafios.

3 AS TRANSFORMAÇÕES NO MUNDO DO TRABALHO

O processo de globalização e as profundas mudanças na economia internacional têm produzido enormes mudanças no mundo do trabalho. A conjunção de vários fatores tais como o surgimento das novas tecnologias, o novo patamar alcançado pela competição industrial e a crescente sofisticação da demanda levaram ao esgotamento do sistema fordista de produção. Este sistema foi dominante ao longo de boa parte do século XX. Com isto o conteúdo de conhecimento embutido nos produtos passa a ser o diferencial que determina o sucesso ou o fracasso de uma empresa. A introdução de novas tecnologias no processo produtivo torna-se, portanto, um imperativo da competitividade.

Este novo paradigma tecnoprodutivo teve inicialmente a denominação de toyotismo, devido ao engenheiro Ohno, que criou na fábrica Toyota uma nova forma de organização do trabalho e que muito rapidamente se propagou nas grandes companhias japonesas. Ele se diferencia do fordismo nos seguintes aspectos (ANTUNES, 1999):

- É uma produção muito vinculada a demanda, visando atender as exigências mais individualizadas do mercado consumidor, diferindo da produção seriada e em massa do taylorismo/fordismo.
- Fundamenta-se no trabalho em equipe com multivariabilidade de funções, rompendo com o caráter parcelar típico do fordismo.
- A produção se estrutura num processo flexível que possibilita ao operário acionar simultaneamente várias máquinas, alterando-se a relação homem/máquina.
- Adoção do princípio “just in time” com o aproveitamento máximo do tempo de produção. No toyotismo os estoques são os mínimos possíveis.
- As empresas do complexo produtivo, inclusive as terceirizadas têm uma estrutura horizontalizada, ao contrário da verticalidade fordista.

Neste novo quadro, a formação de recursos humanos torna-se crucial para o acompanhamento das mudanças. Uma nova formação para os engenheiros pressupõe um conjunto de mudanças na Universidade, nas empresas e nas políticas de governo. Algumas propostas serão apresentadas ao final deste trabalho. Além de sua formulação, as mudanças propugnadas somente ocorrerão se uma mobilização ampla da sociedade, também acontecer, o que significa uma interação das instituições governamentais, o setor empresarial e as instituições de pesquisa.

4 O MODELO POLITÉCNICO REVISITADO

Uma análise crítica do modelo politécnico de ensino de engenharia desde seu projeto original na Escola Politécnica de Paris reveste-se de enorme importância para nosso estudo, por estar na base do ensino de engenharia no Brasil. Além disso, a evolução deste modelo fornece ao longo de sua história as diversas formas e papéis que a teoria e a prática da engenharia foram adquirindo, indicando importantes pistas para a formulação de nossas propostas de mudança no ensino atual (CHATZIS, 2009).

A Escola Politécnica de Paris foi fundada em 1794, como um ato da Revolução vitoriosa e tem servido de arquétipo para toda engenharia moderna. Este modelo, de uma forma geral coloca a ciência e em especial a matemática no cerne de seu programa de ensino.

Evidentemente, o termo politécnico significa a capacidade de lidar com múltiplas técnicas, requerendo para isto uma sólida formação científica.

As origens da engenharia francesa podem ser encontradas nas atividades militares tais como a artilharia e as fortificações. A guerra dos cem anos (1337-1453) e as guerras italianas (1494-1559) colocaram problemas novos nos dois campos supracitados. A atividade de artilharia foi a primeira a produzir um ensino formal de engenharia, a “École des Ponts et Chaussées” e a “École de Genie”, que foram os mais importantes estabelecimentos educacionais no período pré-revolucionário.

Nos primeiros anos da Revolução, quando a França lutava contra o resto da Europa, as escolas de engenharia fundadas sob o regime monárquico entraram em crise. A Escola Politécnica estava diante de um sério desafio que era formar engenheiros para construir fortificações, pontes, estradas, navios, enfim, engenheiros com múltiplas capacidades e com o domínio de várias técnicas e com um curso de engenharia que durava três anos. Segundo os idealizadores deste projeto e seus fundadores, a única solução possível era dar aos futuros engenheiros um conhecimento científico universal, ferramentas e métodos, os quais, devido a seu caráter geral poderiam ser aplicáveis a uma gama bastante variada de problemas e circunstâncias. Dessa forma, uma importância fundamental foi dada ao ensino da geometria descritiva no primeiro currículo. Esta geometria poderia ser aplicada a diferentes tipos de trabalhos, indo da arquitetura aos portos e fortificações.

Essa mesma lógica também se aplicava ao cálculo que poderia ser aplicado a geometria e a mecânica dos sólidos e hidráulica. Finalmente, os princípios gerais da química poderiam ser aplicados a substâncias salinas, materiais orgânicos e minerais. Somente para que se tenha uma idéia, em 1818 as disciplinas de cálculo e mecânica racional ocupavam 37% de todos os cursos.

Os êxitos dos engenheiros politécnicos foram imensos. Um dos exemplos mais significativos foi a criação de uma nova disciplina a mecânica aplicada e posteriormente de uma mecânica industrial, a partir do quadro conceitual da mecânica racional, como uma necessidade premente da Revolução Industrial que se espalhava pela Europa e Estados Unidos. A geração de engenheiros politécnicos das três primeiras décadas do século XIX também foi capaz de criar uma nova ciência para as máquinas, a termodinâmica e impulsionar decisivamente as ciências da engenharia, ancorando-as em sólida base científica (CHATZIS, 2007).

5 O MODELO POLITÉCNICO NO BRASIL

A institucionalização do modelo politécnico no Brasil se dá em um contexto sócio-cultural e político completamente diverso daquele da França no final do século XVIII. Pela lei de 4 de Dezembro de 1810, o príncipe regente, futuro D. João VI, criou a Academia Real Militar, substituindo a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, e este seria o berço da engenharia brasileira e da futura Escola Politécnica. A Academia passou a funcionar em 23 de Abril de 1811 com 72 alunos. Somente em 1874 é que a Escola Central passou a se chamar Escola Politécnica e foram criados os cursos de engenharia de minas e engenharia industrial, funcionando ao lado do já existente de engenharia civil. Somente com a Escola Politécnica haveria a separação definitiva entre o curso de engenharia civil do ensino militar (OLIVEIRA, 2007).

Voltando ao ensino da Academia Real Militar, o curso completo era de sete anos, para os quais haveria onze professores titulares, denominados lentes, e cinco professores substitutos. O primeiro ano era uma espécie de “preparatório”, para suprir a quase inexistência do ensino secundário. O segundo, terceiro e quarto anos eram de disciplinas básicas de nível superior, e, finalmente, nos três últimos anos estavam as disciplinas aplicadas militares e de engenharia.

Segundo ainda o plano dos fundadores da Academia, estava previsto um oitavo ano e se destinava ao estudo da história militar, o que não chegou a se concretizar.

A Escola Politécnica passou a conceder os títulos de bacharel e doutor em ciências físicas e naturais, independente dos cursos de engenharia.

Com o desenvolvimento industrial ocorrido no Brasil durante o século XIX, muitas alterações acadêmicas foram feitas nos cursos da Escola Politécnica. Além do curso de engenharia civil já existente foram criadas as especialidades de engenheiro geógrafo, de minas, de artes e manufatura, mecânico, industrial e eletricitista.

O objetivo era formar engenheiros politécnicos com múltiplos conhecimentos técnicos para atender a diversidade de processos industriais e tecnológicos.

É interessante observar que por ocasião do retorno ao antigo nome de Escola Politécnica em 1999, o documento intitulado “O nome da Escola Politécnica” encaminhado a Congregação para ser discutido pelo colegiado superior fundamenta um conjunto de mudanças ao afirmar:

“Novas exigências como proteção ambiental, normas de segurança mais rígidas, imposição de normas e padrões de qualidade e aumentos de competitividade, fruto da internacionalização da economia, impõem a busca de novas soluções e de reformulação dos padrões e referências adotadas. Não há mais dúvidas a respeito da necessidade da ciência na prática cotidiana da engenharia, mas ainda existem questões em aberto, principalmente as relativas à apropriação de novos campos de conhecimento, das questões gerenciais e das relações humanas, em especial as de natureza política”.

A citação acima coincide em grande parte com as preocupações expostas nos itens precedentes no sentido de criar uma maior sintonia entre a formação dos engenheiros e as profundas mudanças ocorridas nas últimas décadas no cenário nacional e internacional.

A alteração foi aprovada em 04 de Agosto de 1999 até que finalmente em 18 de Outubro de 2004, pela portaria ministerial no. 3239 do Ministério da Educação, a nova designação de Escola Politécnica da UFRJ foi definitivamente aprovada.

Atualmente a Escola Politécnica forma engenheiros em 12 diferentes habilitações: civil, naval, ambiental, petróleo, metalurgia, materiais, produção, mecânica, elétrica, controle e informação, eletrônica e computação.

6 ALGUMAS PROPOSTAS DE MUDANÇA

Da análise feita nos itens anteriores as seguintes propostas estão sendo feitas (OLIVEIRA, 2005):

- Aproximar a Universidade do setor produtivo – é fundamental que se estreitem as relações entre as Escolas de Engenharia e os setores produtivos e empresariais com linhas de investigação e pesquisas integradas com a indústria, em especial com a indústria de base nacional, como forma de reforçar nossos setores estratégicos, como o de energia, de petróleo, etc..
- Integrar as Escolas de Engenharia as realidades regionais – promover uma maior integração entre as Escolas de Engenharia e suas realidades regionais explorando novos potenciais ainda ignorados. Com o tempo as Escolas de Engenharia passarão a fazer parte ativa de seus contextos regionais resultando em um importante efeito cultural.
- Reavaliar a relação entre teoria e prática – modificar a forma até agora consagrada de ministrar disciplinas teóricas e somente no final dos cursos as matérias aplicadas. É

possível distribuir melhor a carga teórica, bem como de antecipar muitas das aplicações e combinar o máximo possível teoria e prática. Isto, evidentemente aumentará o interesse dos alunos que muitas vezes não entendem a razão de ser de certas disciplinas.

- Reeducar os educadores – o aumento dos cursos de pós-graduação no Brasil aumentou consideravelmente o número de professores com mestrado e doutorado, mas afastados da prática da engenharia. Além dos professores de tempo integral é importante que exista nas Escolas de Engenharia um número significativo de professores em tempo parcial e que tragam para as Escolas a prática corrente da engenharia. É também conveniente que não somente os alunos, mas os professores façam estágios e conduzam projetos de parceria com a indústria.
- Estimular a participação dos alunos nos processos de aprendizagem – em muitos cursos os alunos são meros espectadores passivos. É preciso que sejam criadas as formas de participação mais adequadas a cada disciplina sejam aulas teóricas ou práticas. Isto também implica em aumentar as atividades dos alunos nas disciplinas sem aumentar a carga horária. Os modernos métodos de comunicação fornecem uma ampla gama de possibilidades.
- Pesquisa cooperativa e em rede – uma forma que tem se mostrado muito eficiente no sentido de aproximar os cursos de engenharia dos setores produtivos têm sido as redes corporativas. A finalidade real dessa nova forma de trabalho em equipe é encurtar o ciclo pesquisa-desenvolvimento-produto-mercado, além de ser um excelente meio estimular o trabalho compartilhado.
- Responsabilidade social e compromisso com a ética – os cursos de engenharia devem incluir em seus cursos uma boa carga de discussão sobre a responsabilidade social dos engenheiros e seu compromisso com a ética. É importante que as Escolas de Engenharia chamem para atividades neste campo as Associações, Sindicatos e o sistema CONFEA/CREA. Torna-se necessário criar nos alunos e futuros profissionais de engenharia uma forte consciência da responsabilidade social que a profissão exige, em consonância com um projeto de nação.

7 CONCLUSÕES

O objetivo central deste trabalho foi confrontar o modelo politécnico de ensino de engenharia com uma nova conjuntura na qual os engenheiros serão chamados a atuar. Dessa forma será possível identificar um conjunto de questões a serem trabalhadas e problemas a serem superados para adequar a formação dos engenheiros a este novo contexto. É fundamental enfatizar que operar esta “adequação” não significa a submissão da formação dos engenheiros muito menos da Universidade aos ditames do mercado. Muito pelo contrário, a Universidade deve ser o lugar privilegiado para discussão das estratégias não somente de ensino, mas também de mudanças mais gerais da sociedade. A Universidade deverá sempre ser uma espécie de farol a iluminar o caminho para o futuro e atuar tendo isto como um de seus objetivos mais nobres.

A aplicação do modelo politécnico no Brasil, como enfatizamos anteriormente, se deu em um contexto completamente diferente do politécnico francês. A época da própria Revolução francesa uma profunda mudança no ensino básico foi empreendida pelo governo. Além disso, outras escolas de engenharia foram fundadas, como é o caso tanto das Escolas Centrais como

outras mais voltadas para a aplicação, como é o caso da Ecole d'Application de l'Artillerie et Du Génie em Metz, formando um sistema complexo de ensino de engenharia com muita complementaridade entre si. As escolas centrais com o nome "École Centrale des Arts et Manufactures, onde o significado da palavra arte era a "totalidade do conhecimento prático" e a manufatura com um significado algo controverso de vez que a perfeita manufatura é justamente aquela que dispensa inteiramente o trabalho manual. Isto, por assim dizer, criava um círculo virtuoso que atingia todo campo educacional com um rebatimento importante sobre a sociedade.

No Brasil, além de uma conjuntura mais adversa ao desenvolvimento industrial e tecnológico, nos deparamos com problemas estruturais extremamente graves para o ensino de engenharia como a péssima qualidade do ensino nos níveis inferiores de escolarização, a maioria do ensino superior sendo ministrado por estabelecimentos particulares, dificultando o ensino no campo tecnológico e certa herança cultural mais voltada para as carreiras na área de ciências humanas. Além disso, o processo de globalização tende a impactar de forma diferenciada os países em benefício dos países centrais, muito embora, neste contexto, surjam novas formas de inserção no cenário internacional, que devem ser buscadas através de um projeto nacional construído por amplos setores da sociedade.

8 Autorizações/Reconhecimento

O autor é responsável por garantir o direito de publicar todo o conteúdo de seu trabalho.

Agradecimentos

O autor agradece ao SENGE/RJ (Sindicato dos Engenheiros no Estado do Rio de Janeiro) a oportunidade de publicar um caderno temático com o título: Os Desafios Atuais para a Formação dos Engenheiros Brasileiros, que originou o presente artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, Ricardo. **Os Sentidos do Trabalho**. Boitempo Editorial, 1999.258 p, il.

ANTUNES, Ricardo. **Adeus ao Trabalho?** ed. Cortez, 1995.155 p, il.

CHATZIS, Konstantinos. **The Imbalance of Theory and Practice in American Engineering Education**. Theory and practice in the education of French engineers, 2007, 57 p, il.

CHATZIS, Konstantinos. **Charles Dupin, Jean-Vivtor Poncelet et Leurs Mécaniques pour "Artistes"**. Pur, 2009, 18 p, il.

OLIVEIRA, Agamenon. SENGE/RJ. **Os Desafios Atuais para a Formação dos Engenheiros Brasileiros**. 2007, 15p, il.

OLIVEIRA, A.; **Challenges of Engineering Education in History**, Anais: COBEM 2005 – Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Ouro Preto, MG, 2005.

REVISITING THE POLITECHNICAL MODEL SINCE ITS ORIGINS

Abstract: Any proposal addressed to change engineering education in order to adequate it to the new economic situation will be necessarily influenced by technology innovation as well as globalization. A critic approach to engineering polytechnic education model will present these characteristics. In this paper some fundamental elements to this debate are also presented. In addition the French Polytechnic model is discussed in the French Revolution context as well as its implementation in Brazil. Yet, the new international conjuncture and its implication in the productive system is took into account.

Key-words: Engineering education, History of engineering, History of Polytechnic School, History of Technology.