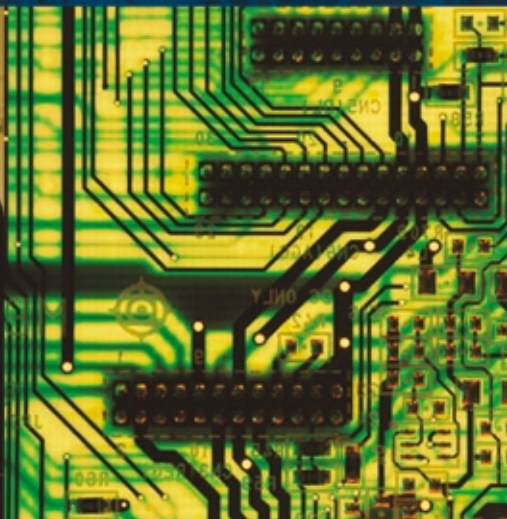


CNI
SESI
SENAI
IEL

SENAI IEL



Brasília 2006

iNova Engenharia

PROPOSTAS PARA A
MODERNIZAÇÃO DA EDUCAÇÃO
EM ENGENHARIA NO BRASIL



iNova Engenharia

PROPOSTAS PARA A
MODERNIZAÇÃO DA EDUCAÇÃO
EM ENGENHARIA NO BRASIL

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

Presidente: Armando de Queiroz Monteiro Neto

Diretoria Executiva

Diretor: José Augusto Coelho Fernandes

Diretor de Operações: Marco Antonio Reis Guarita

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI

Conselho Nacional

Presidente: Armando de Queiroz Monteiro Neto

SENAI - Departamento Nacional

Diretor-Geral: José Manuel de Aguiar Martins

Diretora de Operações: Regina Maria de Fátima Torres

INSTITUTO EUVALDO LODI – IEL / NÚCLEO CENTRAL

Presidente do Conselho Superior

Armando de Queiroz Monteiro Neto

Diretor-Geral

Armando de Queiroz Monteiro Neto

Superintendente

Carlos Roberto Rocha Cavalcante



*Confederação Nacional da Indústria
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Instituto Euvaldo Lodi*



Brasília 2006

iNova Engenharia

PROPOSTAS PARA A
MODERNIZAÇÃO DA EDUCAÇÃO
EM ENGENHARIA NO BRASIL

© 2006. IEL – Núcleo Central e SENAI – Departamento Nacional.
Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

IEL/NC
Gerência de Promoção de Empreendedorismo e Inovação

SENAI/DN
Diretoria de Operações

I59i

Instituto Euvaldo Lodi. Núcleo Nacional.
Inova engenharia propostas para a modernização da
educação em engenharia no Brasil / IEL.NC, SENAI.DN.
Brasília: IEL.NC/SENAI.DN, 2006.
103 p. ; il.

ISBN 85-87257-21-8

1. Educação Superior. 2. Engenharia 3. Brasil I. Título.

CDU 62(81)

Instituto Euvaldo Lodi – IEL/NC

SBN Quadra 1 – Bloco B
9º andar Ed. CNC
70.041-902 – Brasília - DF
Tel. (61) 3317-9421
Fax. (61) 3317-9360
<http://www.iel.org.br>

SENAI/DN

Serviço Nacional de
Aprendizagem Industrial
Departamento Nacional

Sede

Setor Bancário Norte
Quadra 1 – Bloco C
Edifício Roberto Simonsen
70040-903 – Brasília – DF
Tel.: (61) 3317-9544
Fax: (61) 3317-9550
<http://www.senai.br>



Lista de ilustrações

Figura 1.	Crescimento do PIB como percentual do PIB mundial	13
Figura 2.	Formação anual de engenheiros na Coréia do Sul	13
Figura 3.	Dispêndios nas atividades inovativas em percentual da receita líquida de vendas - Brasil - 2000/2003	18
Figura 4.	Concluintes por área de conhecimento - Brasil 2002	24
Figura 5.	Os engenheiros no total de graduados (percentual de ciências & engenharia do total de novas graduações, 2000)	25
Figura 6.	Crescimento do número de cursos	36
Figura 7.	Modalidades que mais cresceram em número de cursos	37
Figura 8.	Público x Privado (Crescimento do número de cursos)	38
Figura 9.	Patentes registradas nos EUA: Brasil x Coréia do Sul	58
Figura 10.	Notas para engenheiros atuantes no país (setor produtivo)	66
Figura 11.	Empresas avaliam engenheiros e escolas	67
Tabela 1.	Técnicos e engenheiros empregados por Grande Setor 2004	75
Tabela 2.	Educação profissional de nível médio – Brasil	76
Tabela 3.	Evolução dos cursos de tecnologia de nível superior Brasil	76
Tabela 4.	Matrículas por modalidade e área (Ano-base: 2005)	77
Tabela 5.	Número de formandos em cursos do SENAI	78
Tabela 6.	SENAI - Evolução das matrículas por modalidade	78



Sumário

Apresentação

Introdução

- | | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | Cenário econômico | 17 |
| 2. | A sociedade do conhecimento | 19 |
| 3. | Cenário da educação superior no Brasil | 23 |
| 4. | Panorama internacional | 27 |
| 4.1. | A PROPOSTA AMERICANA | 28 |
| 4.2. | A EVASÃO DE CÉREBROS | 30 |
| 4.3. | A ERA DA MOBILIDADE | 31 |
| 4.4. | INICIATIVAS | 33 |
| 5. | A educação em engenharias no Brasil | 35 |
| 6. | Engenharia e tecnologia: dois conceitos indissociáveis | 39 |
| 7. | A educação em engenharia de que o país precisa | 43 |
| 7.1. | INTEGRAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DE CONHECIMENTOS EM ENGENHARIA | 44 |
| 7.2. | EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA | 45 |
| 7.3. | APRENDIZAGEM AO LONGO DA VIDA | 47 |
| 7.4. | MUDANÇA CULTURAL DO PROFESSOR | 48 |
| 7.5. | PESQUISA COOPERATIVA E PESQUISA EM REDE | 48 |
| 7.6. | ATUALIZAÇÃO DE PROFESSORES DE NÍVEL MÉDIO: ATACAR OS PROBLEMAS NA RAIZ | 51 |
| 7.7. | AÇÃO DE DIVULGAÇÃO E FORMAÇÃO JUNTO A ALUNOS DO ENSINO MÉDIO | 52 |
| 8. | Mecanismos de fomento disponíveis | 53 |
| 8.1. | Finep | 53 |
| 8.2. | CNPq | 54 |
| 8.3. | Capes | 55 |

9. Propostas práticas	57
9.1 APOIO AO ENSINO MÉDIO	57
9.2 CONJUGAR TEORIA E PRÁTICA, APROXIMAR UNIVERSIDADE E EMPRESA E APOIAR A INOVAÇÃO	58
9.3 PROJETOS EDUCACIONAIS	60
9.4 APOIO A ESTÁGIO DOCENTE E DISCENTE	61
9.5 APOIO À EDUCAÇÃO CONTINUADA	62
9.6 PROJETOS COM FOCOS EM RESPONSABILIDADE SOCIAL E DESENVOLVIMENTO REGIONAL	62
9.7 POLÍTICA GOVERNAMENTAL DE FOMENTO QUE FORTALEÇA O SETOR TECNOLÓGICO, EM ESPECIAL NAS ÁREAS DA ENGENHARIA	63
10. Os engenheiros brasileiros na opinião das grandes indústrias	65
11. Artigos	69
APRENDENDO NA PRÁTICA: PROJETOS “MÃO NA MASSA” ENTRE ESCOLAS E INDÚSTRIAS Luis Carlos Scavarda do Carmo	69
É PRECISO INTEGRAR MAIS OS SISTEMAS EDUCACIONAL, PROFISSIONAL E O SETOR EMPRESARIAL Ruy Carlos Camargo Vieira	71
OS QUADROS COMPLEMENTARES: TÉCNICOS E TECNOLÓGICOS Nacim Chieco	74
Casos de sucesso	79
PETROBRAS: A TECNOLOGIA É NOSSA Cláudia Izique	81
EMBRAPA: EXCELÊNCIA EM DESENVOLVER E TRANSFERIR TECNOLOGIA Cláudia Izique	85
BRASIL CONSTRÓI A QUARTA MAIOR INDÚSTRIA AERONÁUTICA DO MUNDO Cláudia Izique	87
P&D EM REDE REDUZ CUSTOS E ACELERA RESULTADOS Cláudia Izique	90
QUATRO DÉCADAS E 10 MIL PROJETOS INTEGRANDO ACADEMIA E EMPRESA Cláudia Izique	92
INICIATIVA ACADÊMICA TRANSFORMA RECIFE EM <i>CLUSTER</i> DE TI Cláudia Izique	94
ESTAGIÁRIOS LEVAM INOVAÇÃO PARA EMPRESAS Simone Biehler Mateos	96
MULTINACIONAL BRASILEIRA NASCE DA APOSTA EM INOVAR E CAPACITAR Cláudia Izique	98
PARCERIA PRODUZ TECNOLOGIA PARA MELHORAR CONDIÇÕES DE TRABALHO Simone Biehler Mateos	100
ALIANÇAS QUINTUPLICAM FORMADOS E GERAM PATENTES Simone Biehler Mateos	102



Apresentação

Entre 1996 e 2005, enquanto o PIB brasileiro expandiu 22,4%, a economia global cresceu 45,6%. Foram dez anos crescendo menos que a média mundial. Com isso, enquanto no mundo a renda *per capita* avançou, em média, 2,6% ao ano, no Brasil essa renda cresceu 0,7%, o que representa uma das menores taxas de expansão do planeta. Nesse ritmo, enquanto o PIB *per capita* mundial levará três décadas para se duplicar, o Brasil levará cem anos para ter o mesmo desempenho.

Recentes pesquisas indicam igualmente uma retração do esforço tecnológico e inovador das empresas no País. É uma realidade que precisa ser revertida, porque tecnologia é o ingrediente determinante da competitividade empresarial e da prosperidade das nações. Inovar tornou-se questão de sobrevivência.

Para competir em mercados nos quais produtos e processos têm ciclos cada vez mais curtos, é crucial incrementar continuamente a própria capacidade de gerar, difundir e utilizar inovações tecnológicas. O preço de ficar à margem do processo de inovação acelerada não é a estagnação, mas o retrocesso.

Na etapa mais recente da globalização, observamos a internacionalização das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) das grandes transnacionais. Aproveitando a disponibilidade de modernas tecnologias de comunicação e as vantagens comparativas de países emergentes, muitas transnacionais estão construindo laboratórios de pesquisa nesses países ou articulando redes para o desenvolvimento de projetos de pesquisa em colaboração com instituições locais. É a oportunidade para os países emergentes obterem conhecimento de ponta e ampliar a própria capacidade de desenvolver novos produtos e processos que agreguem maior competitividade e valor à sua própria indústria. Entretanto, isso só será possível se houver sólido e continuado investimento em formação de mão-de-obra qualificada.

Nas últimas décadas, as políticas públicas implementadas no Brasil, acertadamente, investiram no desenvolvimento da capacidade de pesquisa científica nacional. Infelizmente, porém, ao contrário dos países que obtiveram altas taxas de crescimento na última década, o Brasil não adotou, junto com o apoio à pesquisa, medidas de incentivo à inovação tecnológica empresarial, ou seja, políticas voltadas a promover a transformação desse conhecimento científico em inovações capazes de gerar riqueza para o País.

Várias iniciativas vêm sendo adotadas para corrigir essa distorção, o que evidentemente dependerá de uma íntima integração entre a academia e as empresas. Representam importantes iniciativas nessa direção os fundos setoriais; a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior; a Lei de Inovação; a Reforma da Educação Superior; e o novo Plano Nacional de Pós-Graduação.

Também a educação em engenharia é elemento-chave nesse processo, por se tratar de atividade, por excelência, condutora da inovação nos setores econômicos. Mas, se o engenheiro é elemento ativo das transformações na era das mudanças tecnológicas rápidas, ele próprio vem sendo obrigado a promover profundas transformações em suas habilidades e em seu perfil profissional. A sociedade do conhecimento exige engenheiros com competências novas, com flexibilidade e capacidade de aprender sozinho e permanentemente.

Essas questões e a progressiva internacionalização da atividade vêm levando diversos países a discutir a necessidade de modernizar sua educação em engenharia e de compatibilizar seus sistemas de certificação e acreditação com as demais nações do mesmo bloco econômico. É um processo que mobiliza países na Europa, no âmbito do Acordo de Livre Comércio da América do Norte (Nafta), do Mercado Comum do Sul (Mercosul), do Fórum de Cooperação Econômica da Ásia e do Pacífico (Apec) e da Organização dos Estados Americanos (OEA).

O conjunto de propostas aqui apresentadas, sob o nome de programa *Inova Engenharia*, tem, portanto, como objetivo apresentar propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil, idealizando cursos flexíveis a partir de uma visão de futuro. O desafio é grande, mas imprescindível para que o Brasil possa retomar o crescimento de forma sustentável.

Armando Monteiro Neto
Presidente da CNI



Introdução

Se o Brasil mantiver seu atual ritmo de crescimento econômico e populacional, levará um século para dobrar a renda *per capita* de sua população, ou seja, cem anos para chegar perto do atual PIB *per capita* de Portugal. É o que mostra um estudo recente feito pela CNI. O trabalho frisa que, há dez anos consecutivos, nossa economia cresce menos do que a média mundial, contrariando o que costuma ocorrer com países emergentes. O Brasil vem perdendo importância na economia internacional. O País que desde finais dos anos 70 até há cerca de dez anos era a oitava economia do mundo, estava na 15ª posição em 2004 e só subiu para a 11ª, em 2005, em virtude da valorização cambial.

Paralelamente ao tímido crescimento, a economia brasileira assistiu na última década a uma crescente redução do peso relativo de seus setores de maior conteúdo tecnológico, justamente aqueles que, cada vez mais, são o principal motor propulsor da economia global. E as últimas pesquisas indicam uma retração do esforço tecnológico e inovador das empresas no País. Ou seja, a distância que separa o Brasil dos países desenvolvidos se amplia não só em termos de renda como também em termos dos níveis de investimentos capazes de incrementar a renda futura.

É uma realidade que precisa ser revertida, que merece reflexão e medidas urgentes porque tecnologia é, cada vez mais, o ingrediente determinante da competitividade internacional das empresas e da prosperidade das nações. Inovar tornou-se questão de sobrevivência para as empresas e fator crucial para o desenvolvimento nacional. Para competir em mercados nos quais produtos e processos têm ciclos cada vez mais curtos é imprescindível incrementar continuamente a própria capacidade de gerar, difundir e utilizar inovações tecnológicas.

Essas competências dependem de uma série de fatores que o Brasil vem buscando construir com iniciativas como a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, a Lei de Inovação, a Reforma da Educação Superior e o novo Plano Nacional de Pós-Graduação.

O conjunto de propostas aqui apresentadas sob o nome de Inova Engenharia tem como foco dois fatores críticos para a ampliação da capacidade tecnológica do País: uma boa quantidade de engenheiros com sólida formação e uma intensa cooperação das empresas com as instituições de pesquisa e educação superior.

Estes são dois elementos imprescindíveis para que o conhecimento produzido pela academia possa transformar-se em tecnologia, inovação e riqueza para o País. Os engenheiros são essenciais não só para criar tecnologias novas, mas até mesmo para que as empresas possam incorporar as já disponíveis, usadas pelos concorrentes.

Geralmente, enquanto a tecnologia empregada na produção mantém-se abaixo de certo nível de complexidade, as empresas conseguem prescindir de engenheiros. Na medida em que se faz necessário incorporar novas e mais complexas tecnologias para fazer frente à concorrência, a solução dos problemas começa a exigir conhecimentos e métodos próprios da engenharia. Exemplo disso são as novas modalidades da engenharia que tratam questões relacionadas à saúde (biomédica, genética, bioquímica), ao meio ambiente e à gestão das empresas.

O presente documento tem por objetivo apresentar algumas propostas para modernizar a educação em engenharia no Brasil e favorecer a atualização dos profissionais que já atuam no mercado, de maneira que o País possa dispor de engenheiros capazes de impulsionar seu desenvolvimento tecnológico. Trata-se não só de formar os engenheiros demandados hoje pelo mercado, mas de formatar cursos flexíveis, a partir de uma visão de futuro, capazes de formar hoje os engenheiros de que o País precisará amanhã.

Isso é essencial num contexto em que o dinamismo das mudanças tecnológicas torna os conhecimentos obsoletos numa velocidade cada vez mais rápida. Na maior parte das modalidades de engenharia, estima-se que metade do que se aprende na universidade estará superado após cinco anos da formatura. Na área de engenharia da computação, o prazo cai para dois anos.

O desafio é grande, mas imprescindível para que o Brasil possa retomar o crescimento de forma sustentável. Sem um contingente expressivo de engenheiros bem formados e capazes de se atualizar constantemente, o País não será capaz de fazer frente ao desafio de incorporar tecnologia na velocidade necessária para se tornar competitivo.

Simultaneamente a essa necessidade urgente de incorporar tecnologia industrial, o Brasil enfrenta hoje outro desafio vital para a retomada do crescimento, que também depende de engenheiros, neste caso das áreas tradicionais da engenharia: ampliar e modernizar sua infra-estrutura. Sem reformar e construir portos, aeroportos, armazéns, ferrovias, estradas, escolas, creches, hospitais e anéis rodoviários nas grandes metrópoles, além de novas usinas e redes de transmissão elétrica, qualquer tentativa de crescimento econômico será estrangulada. E também é grande o déficit nacional em habitação, saneamento básico, saúde e inclusão digital, todas áreas que dependem muito das engenharias.

Sobre este cenário já deficitário, o IBGE prevê um aumento de 40 milhões de novos brasileiros nas próximas três décadas. O crescimento exigirá novas ampliações da infra-estrutura, o ordenamento da ocupação e uso dos espaços terrestres e das águas, o monitoramento das mudanças climáticas e dos demais fatores de impacto ambiental como poluição, produção, tratamento e destino de rejeitos, efluentes, emanações gasosas, irradiações eletromagnéticas, suspensões, etc. Mais tarefas cruciais que exigem engenheiros.

O problema que o Brasil terá de enfrentar para superar esses desafios é tanto qualitativo, quanto quantitativo. Embora o País tenha ilhas de excelência dentro das engenharias, ainda apresenta um número de engenheiros por habitante muito reduzido se comparado tanto aos países desenvolvidos como àqueles que estão logrando crescimento acelerado.

Segundo estimativa do Confea, o Brasil tem hoje cerca de 550 mil engenheiros, o que equivale a seis para cada mil pessoas economicamente ativas. A estes se somam 20 mil novos engenheiros que se formam a cada ano. Os Estados Unidos e o Japão têm 25 engenheiros para cada mil trabalhadores e a França, 15 por mil. A China forma cerca de 300 mil engenheiros ao ano, a Índia, 200 mil e a Coréia do Sul, 80 mil, ou seja, nesse último caso, quatro vezes mais que o Brasil. Com um agravante: no Brasil quase metade dos engenheiros opta pela Engenharia Civil enquanto nestes países é grande o percentual que opta pelas modalidades intimamente ligadas às áreas de alta tecnologia.

O economista Jeffrey D. Sachs, diretor do Programa do Milênio das Nações Unidas, diz¹ que os desafios da América Latina são a desigualdade social, a estagnação econômica e choques na interação entre o homem e a ecologia. Somente a Engenharia e a tecnologia podem enfrentar estes problemas mas, ao contrário da Ásia, a América Latina não promoveu políticas voltadas a impulsionar o desenvolvimento tecnológico.

Corroborando a visão de Sachs, o *Wall Street Journal* mostrou como o Produto Interno Bruto dos países em desenvolvimento da Ásia distanciou-se do da América Latina nos últimos quinze anos. O esforço de formação de mais engenheiros completa o quadro que distingue a América Latina da Ásia emergente.

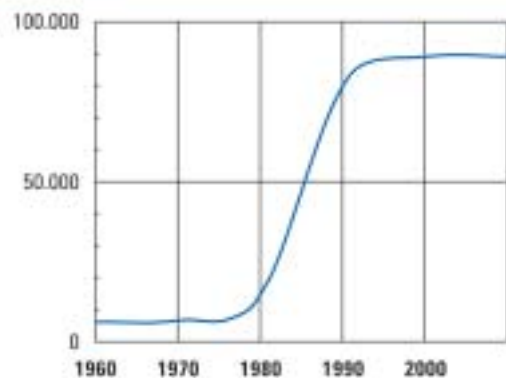
É um quadro difícil de reverter no curto prazo já que o País também possui um percentual pequeno da sua população entre 18 e 24 anos na Universidade: cerca de 10% contra mais de 80% nos EUA e na Coréia do Sul, mais de 50% na França e mais de 20% em vizinhos como Argentina, Equador, Costa Rica e Venezuela. Com o agravante de que aqui apenas 13% dos formandos são engenheiros. Na Coréia do Sul, o percentual é de 27,4% (fonte: OECD, maio 2003).

Figura 1. Crescimento do PIB como percentual do PIB mundial



Nota: Calculado a partir de dados do Fundo Monetário Internacional (FMI).
Fonte: Wall Street Journal de 11 de julho de 2005

Figura 2. Formação anual de engenheiros na Coréia do Sul



Nota: Calculado a partir de dados do Fundo Monetário Internacional (FMI).
Fonte: Wall Street Journal de 11 de julho de 2005

1. Palestra proferida na sede da Organização dos Estados Americanos (OEA) em 14 de março de 2005.

A este cenário de insuficiência quantitativa de engenheiros e mesmo de estudantes de engenharia para fazer frente às necessidades do País de incorporar tecnologia, soma-se o problema de qualidade que vem afetando boa parte da educação superior, herdeira final das deficiências que afetam os níveis de educação precedentes.

São desafios grandes e prementes. Afinal, em praticamente todos os setores que vêm ganhando espaço no comércio internacional, tecnologia e inovação são fatores críticos e nenhum desses ingredientes pode ser alcançado sem muitos e bons engenheiros. O preço de ficar à margem do processo de inovação acelerada não é a estagnação, mas o retrocesso, não é deixar de ganhar mercados, mas perdê-los, inclusive em casa.

Por tudo isso, a necessidade de elaborar ações voltadas à modernização da educação em engenharias vem sensibilizando, progressivamente, a indústria, a academia e o governo há mais de uma década. Importantes iniciativas começaram a ser tomadas a partir do final de 1995, com o lançamento pelo governo federal do Programa de Desenvolvimento das Engenharias (Prodenge). Apesar de avanços iniciais promissores, entretanto, o programa foi desativado em 2000, muito antes que os resultados atingissem as dimensões necessárias.

O programa contribuiu, inclusive, para ampliar a consciência social sobre a necessidade de se modernizar a educação em engenharias no País e para forjar uma comunidade universitária atuante e preocupada com o tema.

Desde o início da década, a comunidade acadêmica vem lutando pela retomada de um programa de melhoria da educação em engenharia, tema recorrente nos Congressos Brasileiros de Ensino de Engenharia (Cobenge). Uma rica discussão acumulou-se desde então, resultando no Programa de Modernização e Valorização das Engenharias (Promove), que deveria ter sido lançado em dezembro de 2003, mas mudanças ministeriais atrasaram o processo. No início de 2004, realizou-se em Brasília, um *workshop* sobre o Promove, que reuniu cerca de duzentas pessoas, incluindo representantes do CNPq, Capes, Finep, a Secretaria de Educação Superior, do MEC, e delegados de onze países. Mesmo assim, o programa não foi lançado.

O ano de 2005 marcou-se pela incorporação de novos parceiros na discussão. A questão é vista hoje como prioridade por um leque de forças sociais muito mais amplo que há dez anos. Por isso, praticamente todos os setores com alguma vinculação com o tema — da academia à indústria, passando pelo governo e entidades de classe — atenderam prontamente ao chamado feito pela CNI para debater e formular novas políticas e ações concretas para a modernização das engenharias no Brasil, dando a este debate uma representatividade sem precedentes.

As diretrizes gerais e consensuais da iniciativa Inova Engenharia apontam na direção da necessidade de se promover a aproximação entre o mundo acadêmico e as empresas, por meio, sobretudo, da ampliação dos estágios e da pesquisa colaborativa, de mais docentes atuando como consultores nas empresas e, eventualmente, de alguns profissionais do mercado lecionando em cursos de extensão ou atualização.

A modernização das engenharias passa pela atualização de seus professores, por iniciativas que estreitem seu contato com as empresas, e pela abertura de espaços para a contínua atualização dos profissionais que já se encontram no mercado. O estímulo à criação de pólos, parques tecnológicos e incubadoras de empresas é outro mecanismo que contribui para aproximar a academia da realidade do mercado, já que são iniciativas voltadas a transformar pesquisa em inovação e negócios viáveis.

As propostas em discussão apontam na direção de cursos mais flexíveis, que possam ser estruturados de acordo com as necessidades do entorno socioeconômico em que estão inseridos, cursos que permitam sucessivas especializações, além de atualizações contínuas e certificações intermediárias que possibilitem complementações posteriores. Afinal, o desafio de aumentar a densidade tecnológica das empresas brasileiras exigirá não só muitos engenheiros de qualidade como também tecnólogos de primeira linha para trabalhar ao lado destes e a oferta de cursos que formam tecnólogos também está muito aquém das necessidades.

Neste documento, apresenta-se um conjunto de reflexões sobre o perfil de engenheiro de que o Brasil precisa para impulsionar seu desenvolvimento e um conjunto de propostas para que o sistema de educação que forma esses profissionais favoreça este perfil.

A urgência das ações nessa área é tão consensual que a Finep já está encampando algumas linhas de ações propostas para modernizar a educação em engenharias, transformando-as em novas linhas de financiamento de projetos.





1. Cenário econômico

Entre 1996 e 2005, enquanto o PIB brasileiro expandiu-se 22,4%, a economia global cresceu 45,6%. Foram dez anos crescendo menos que a média mundial. Com isso, enquanto no mundo a renda *per capita* avançou, em média, 2,6% ao ano, no Brasil essa renda cresceu 0,7%, o que representa uma das menores taxas de expansão de todo o planeta. Neste ritmo, enquanto o PIB *per capita* mundial levará três décadas para se duplicar, o Brasil levará cem anos para conseguir o mesmo.

A renda *per capita* nacional cresce menos, inclusive, que a de vários de seus vizinhos emergentes da América Latina. Nos últimos dez anos, a renda *per capita* do Chile cresceu quatro vezes mais que a do Brasil, e a do México, três vezes mais. Até a Argentina, que enfrentou uma moratória acompanhada de gravíssima crise financeira entre 2001 e 2002, apresentou aumento médio anual da renda *per capita* maior que o brasileiro: 0,9%. Na China, que ao lado da Índia liderou o crescimento mundial nesta última década, o PIB *per capita* expandiu-se em média 7,7% ao ano. Já a renda *per capita* brasileira cresceu menos até que a de nações mais desenvolvidas, que geralmente experimentam ritmos de crescimento menos intensos que os países emergentes. A renda por habitante nos EUA, por exemplo, cresceu 2,2% ao ano. Em 2005, segundo dados divulgados pelo IBGE em março, o PIB brasileiro ampliou-se 2,3%, enquanto o PIB mundial, segundo estimativa do Fundo Monetário Internacional (FMI) deve registrar crescimento de 4,3%.

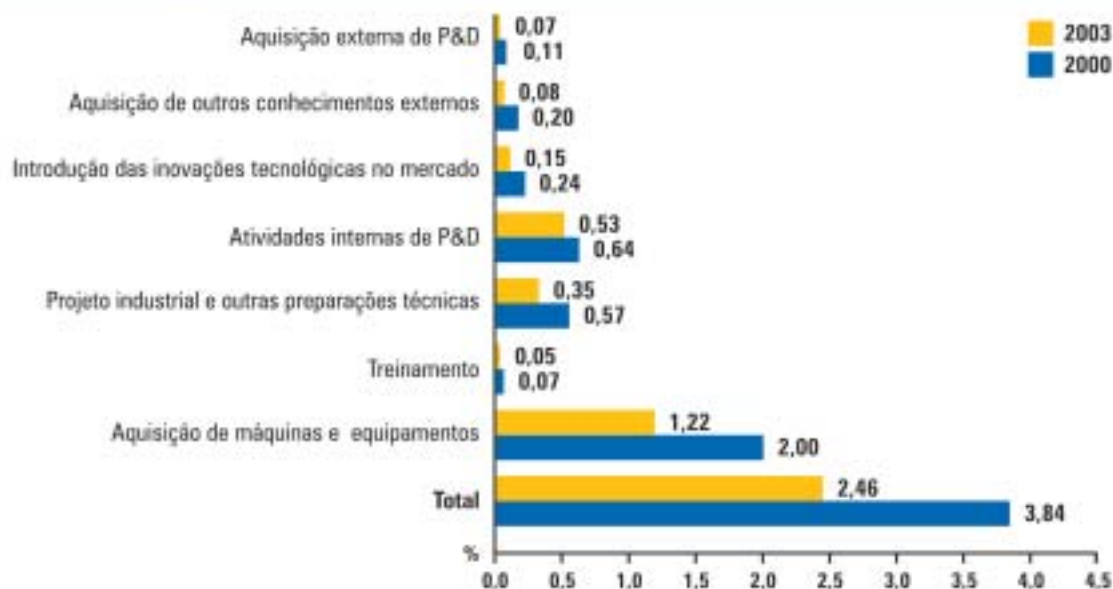
Boa parte do tímido desempenho da economia brasileira deve-se ao baixo nível de investimento que prevalece no País. Aqui, menos de 20% do PIB transforma-se em investimento, enquanto nos países emergentes da Ásia este percentual supera os 30%. A consequência disso vem sendo, na contramão do que acontece no mundo, uma redução do peso relativo dos setores econômicos de maior conteúdo tecnológico no conjunto da economia brasileira. Estes setores exigem investimentos altos e contínuos, mas são também – e cada vez mais – o principal motor propulsor da economia global.

Este processo é retratado por duas das principais pesquisas do IBGE sobre a indústria brasileira. Segundo a última Pesquisa Industrial Anual (PIA, de 2003), entre 1996 e 2003, a participação dos setores de alta tecnologia no conjunto do valor adicionado pela indústria (excluído o petróleo), recuou de 21,1% para 19,2%. Já a participação dos setores de médio ou baixo conteúdo tecnológico passou de 23,3% para 26,8%. Isso significa que setores como informática, máquinas e equipamentos e materiais de transporte cresceram abaixo da média da indústria, enquanto setores que produzem basicamente *commodities*, intensivos em recursos naturais e com menos potencial de gerar emprego e renda, aumentaram seu peso relativo.

Ao mesmo tempo, a última Pintec, de 2003, indica uma redução no grau de inovação e no esforço tecnológico realizado pela maioria das empresas industriais do País. Como pode ser observado no

quadro, entre 2000 e 2003, todas as atividades empresarias relacionadas com inovação ou modernização tecnológica sofreram retração, em termos do percentual do faturamento das empresas a elas destinado. Nas atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), por exemplo, este percentual caiu de 0,64% para 0,53%.

Figura 3. Dispendios nas atividades inovativas em percentual da receita líquida de vendas - Brasil - 2000/2003



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Indústria, Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica.

Nesse período (2000-2003), o número de empresas que mantêm atividades de P&D caiu de 7.412 para 4.941 e o número de pessoas dedicadas parcial ou integralmente a essas atividades passou de 64,4 mil para 52 mil.

A queda nos dispendios com atividades de P&D, que chegou à metade em alguns setores de grande intensidade tecnológica, é preocupante quando se pensa nos padrões internacionais. Na Alemanha, as empresas investem 2,7% de seu faturamento em P&D, na França, 2,5%, na Itália, 1,2% e na Bélgica, 2,1%. Considerando-se que o PIB *per capita* desses países é muito superior ao brasileiro, em valores absolutos, a diferença é ainda mais expressiva.

A Pintec revela que entre os setores que apresentaram retração mais acentuada em sua taxa de inovação (que leva em conta todas as atividades da empresa nessa área e não só P&D) estão alguns de alta intensidade tecnológica, como o setor de automação industrial que é estratégico para a modernização dos demais. A taxa de inovação na área caiu de 60,6% para 19,6%.



2. A Sociedade do conhecimento

Na era pós-industrial, que emergiu nas últimas décadas do século passado, os principais ativos das indústrias deixam progressivamente de ser máquinas e prédios e passam a ser bens intangíveis como o capital humano e sua capacidade de criar produtos e processos mais eficientes. A vantagem competitiva de um país em relação a outro depende cada vez menos de suas riquezas naturais e até de sua infra-estrutura material de produção e cada vez mais da capacitação de seus cidadãos, da qualidade dos conhecimentos que são capazes de produzir e de transferir para os sistemas produtivos.

Os engenheiros e tecnólogos são personagens-chave no processo de transformar conhecimento em inovação e atores imprescindíveis na implementação dessas inovações nos sistemas produtivos. As empresas que mais crescem no mundo hoje têm na engenharia e na inovação seus pilares de sustentação.

Ao mesmo tempo, surgem novos mecanismos pelos quais a globalização se aprofunda, como *outsourcing*, *offshoring* e a formação de cadeias produtivas internacionais. Todos representam novas oportunidades e novos desafios para os países, para as grandes, médias e pequenas empresas de engenharia e até para os indivíduos.

A internacionalização das atividades de pesquisa e desenvolvimento das grandes corporações multinacionais é um fenômeno recente que representa uma importante janela de oportunidades. Índia, China e Taiwan tornaram-se destino privilegiado para a instalação de laboratórios de ponta de várias dessas empresas porque, durante décadas, investiram fortemente em educação básica e em estruturar um sistema de educação superior fortemente integrado com as indústrias e no qual as engenharias tiveram atenção prioritária. A Índia investiu durante 40 anos na formação de gerações e gerações de ótimos engenheiros, boa parte dos quais migraram para os Estados Unidos e outros países. Hoje, eles estão voltando para abrir suas próprias empresas de tecnologia da informação em seu país natal.

O processo de internacionalização da pesquisa, entretanto, não está concluído. É um processo dinâmico que representa uma janela de oportunidades que tende a fechar-se em breve, quando as grandes corporações já tiverem estabelecido seus laboratórios de pesquisa e sua rede de colaboradores pelo mundo afora, aproveitando as vantagens competitivas de cada país. O Brasil já participa deste processo – a IBM e a Microsoft, por exemplo, já estabeleceram laboratórios de pesquisa na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) –, mas de forma bastante modesta. O investimento estrangeiro em pesquisa no País ainda é irrisório. A Pintec mostra que as empresas nacionais investem 81% mais em P&D como proporção do faturamento do que as filiais estrangeiras no Brasil.

Todo este novo contexto tem conseqüências sobre o perfil de engenheiro que o mercado demanda. Mais do que nunca, é necessário que o engenheiro tenha iniciativa, criatividade, espírito empreendedor e capacidade de atualização constante.

Na era dos avanços tecnológicos rápidos, competitividade tornou-se sinônimo de capacidade de gerar e aplicar ciência e tecnologia na produção de bens e serviços. Basta observar a evolução dos preços relativos de vários produtos no mercado internacional para constatar que os preços das *commodities* caem progressivamente, enquanto os preços que mais sobem são os dos produtos de maior conteúdo tecnológico, incluindo *software* e “produtos” intangíveis como serviços de consultoria de todo tipo.

Por isso, a educação ganha cada vez mais destaque como protagonista na agenda estratégica dos setores produtivos e dos estados. De fato, todos os setores ou empresas que apresentam competitividade crescente, assim como todos os estados desenvolvidos ou que vêm apresentando altas taxas de crescimento, têm, no centro de suas estratégias, políticas educacionais e de formação de recursos humanos agressivas, maciças e articuladas, com especial atenção para as áreas de exatas e engenharia – e alguns também nas áreas de ciências biológicas, dada a importância crescente da biotecnologia.

Crescimento econômico depende essencialmente de educação de qualidade e de um ambiente de geração e disseminação de conhecimentos em grande escala, fundado no amplo acesso às tecnologias de informação, no desenvolvimento de competências profissionais e humanas adequadas às necessidades dos vários setores da economia e no fomento ao empreendedorismo e à criatividade.

É nessa ótica que deve ser repensada a educação em engenharias no Brasil. Os engenheiros devem ser capacitados não só em conhecimentos e habilidades técnicas, como para perceber, definir e analisar problemas – de empresas, regiões, setores ou da nação – e formular soluções, para trabalhar em equipe, para se reciclar continuamente ao longo de toda a vida profissional, para fazer uso das tecnologias de informação e para incrementá-las, tanto ampliando suas aplicações, como contribuindo para democratizá-las, aumentando o acesso da população a esses recursos.

Os engenheiros são protagonistas na transformação do conhecimento em riqueza e em aplicações práticas de amplo benefício social – na educação, na saúde, nas telecomunicações, nos recursos da educação a distância, etc. Por isso, deve-se ter o cuidado de formá-los também numa perspectiva humanística ampla, que os prepare para pensar os grandes problemas nacionais e os grandes desafios tecnológicos que se colocam para o desenvolvimento do País.

O “Mapa Estratégico da Indústria – 2007- 2015” elaborado pelo Fórum Nacional da Indústria, uma iniciativa da Confederação Nacional da Indústria, leva em consideração que:

- ◆ o maior valor agregado da produção hoje provém do conhecimento;
- ◆ a informação constitui insumo básico para a competitividade;
- ◆ a agilidade e a qualidade são elementos essenciais no contexto competitivo;
- ◆ a inovação é uma estratégia-chave para o desenvolvimento econômico e implica constantes mudanças;
- ◆ educação é elemento essencial para a inclusão social e política, por ser imprescindível ao exercício da cidadania.

O documento “A Contribuição da Indústria para a Reforma da Educação Superior” recomenda que, para se inserir na sociedade da informação e do conhecimento, o Brasil deve atentar para as práticas adotadas tanto pelas economias desenvolvidas como por aquelas que estão experimentando processos acelerados de desenvolvimento. Todas elas, sem exceção, vêm investindo fortemente em:

- ◆ aumento da escolaridade média da força de trabalho
- ◆ melhoria da qualidade da educação em todos os níveis
- ◆ ampliação do número de matrículas na educação superior, com destaque para as áreas de exatas e engenharias por serem áreas fundamentais para intensificar a criação e incorporação do conhecimento pelos sistemas produtivos
- ◆ fortalecimento da capacidade de investigação das universidades e de sua interação com empresas e instituições de pesquisa
- ◆ capacitação contínua, com o desenvolvimento de oportunidades de aprendizagem ao longo de toda a vida
- ◆ adequação do corpo docente universitário à nova realidade.

Vale frisar que não basta criar uma educação de qualidade para uma pequena parcela da população. Massificar a educação de qualidade é o único caminho para criar um caldo de cultura que favoreça não só inovação, competitividade e geração de riqueza, como também inclusão social e melhoria da distribuição de renda, com o decorrente aumento do mercado interno. É um processo que criará um círculo virtuoso de desenvolvimento econômico e social.



3. Cenário da educação superior no Brasil

Nas últimas décadas, o País quase conseguiu universalizar o acesso à educação fundamental, hoje freqüentada por mais de 95% da população entre 7 e 14 anos. Manteve-se baixo, porém, o acesso à educação de nível médio – só 35% das pessoas entre 15 e 17 anos estão matriculadas – e baixíssimo o acesso ao nível superior. Além disso, em termos de qualidade, o conjunto da educação básica deixa muito a desejar, situação que desafia o nível superior, já que o despreparo dos ingressantes é cada vez mais patente.

A escassa escolaridade da maior parte da população, associada ao baixo nível da maioria das escolas repercute de forma dramática no nível de qualificação da mão-de-obra disponível no País. Este é um problema crucial que precisa ser enfrentado para que o Brasil possa dar o salto tecnológico e o salto de cidadania, ambos necessários para impulsionar seu desenvolvimento pleno.

Não bastam engenheiros bem formados e em quantidades adequadas, o País precisará de um grande contingente de tecnólogos e, sobretudo, de trabalhadores de nível médio bem preparados. Não será possível alcançar o acelerado desenvolvimento almejado sem construir um sistema de educação fundamental e básica que seja, simultaneamente, universalizado e de boa qualidade. Já mencionamos a China como exemplo de desenvolvimento acelerado, apontando que o país forma ao ano quinze vezes mais engenheiros do que o Brasil. Isso, entretanto, só foi possível ancorado por décadas de sólidos investimentos que priorizaram a educação básica e fundamental.

As deficiências qualitativas e quantitativas do ensino superior brasileiro são, quase todas, decorrentes de problemas nos níveis precedentes de ensino. Não é possível pensar em saná-los sem atacar esses problemas de origem.

Só 10% dos brasileiros entre 18 e 24 anos freqüentam curso superior, o que representa um dos percentuais mais baixos do continente, inferior, inclusive, ao percentual de universitários na Bolívia e Colômbia. A necessidade premente de ampliar o acesso à educação superior é reconhecida de forma unânime na academia, no setor empresarial e no governo, como pré-requisito básico para a retomada do crescimento e do desenvolvimento sustentável. A meta do governo é elevar o percentual a 30% até o fim da década.

A crescente demanda do mercado de trabalho por profissionais cada vez mais capacitados levou o governo, inclusive, a facilitar a abertura de novos cursos na iniciativa privada para ampliar as vagas disponíveis. Com isso, o número de matrículas cresceu de forma explosiva: a taxa média anual de crescimento das matrículas em cursos de graduação, que foi de 1,07% entre 1983 e 1993, saltou para 9,5% entre 1993 e 2003. Só em 2002, o número total de matrículas cresceu quase 15%. No número de vagas ofertadas no vestibular a expansão foi mais espetacular: o aumento chegou a mais de 25% em 2000 e 2002, ficou em 16% em 2001 e 13% em 2003. Em dez anos, as vagas para ingressantes quase quadruplicaram (fonte:Inep-MEC).

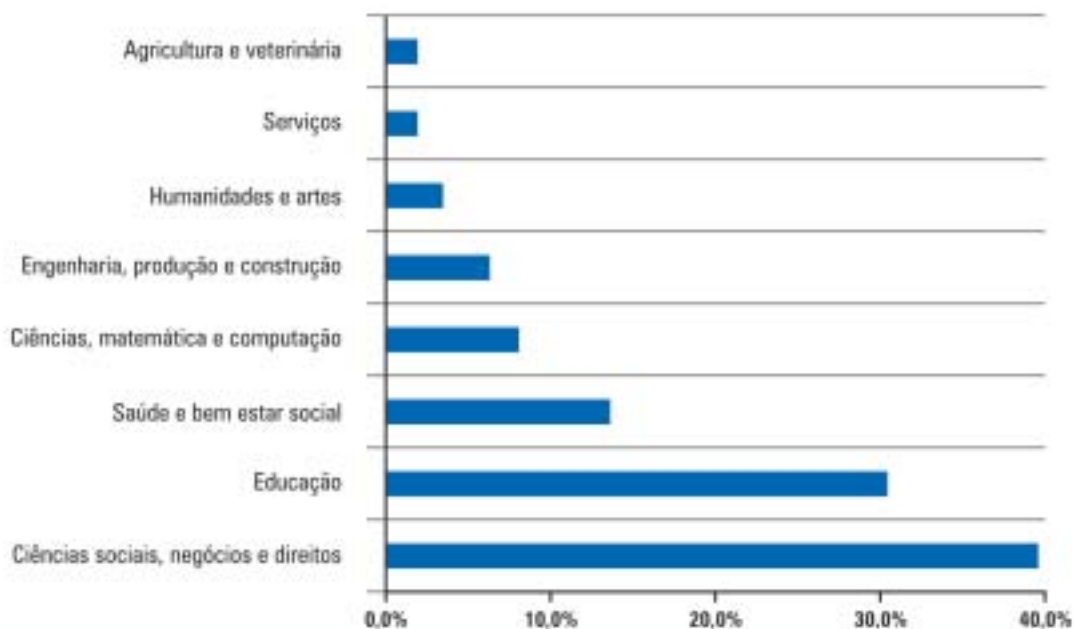
O problema é que o investimento na ampliação das vagas na rede pública não se deu na mesma proporção. O resultado é que as instituições privadas representam hoje 70% do total e abrigam 89% dos alunos matriculados na educação superior.

Esse modelo de expansão, entretanto, já apresenta claras mostras de exaustão. O percentual de vagas não preenchidas nas instituições privadas passou de 12%, em 1980, para 20% nos anos 90, 32% em 2003 e 44% em 2004, período em que houve uma explosão da inadimplência e da evasão. A inadimplência oscila hoje em torno de 20% e apenas três de cada dez alunos que começam um curso superior numa instituição privada chegam a concluí-lo.

Como 86% da população tem renda inferior a três salários mínimos é difícil crer que a expansão da educação superior possa continuar ocorrendo via iniciativa privada. Expandir as matrículas dos atuais 10% da população entre 18 e 25 anos para 30% em uma década significa incorporar à educação superior uma parcela expressiva da população que não tem condições de pagar por isso.

Além disso, o fato de a oferta de novas vagas e cursos ter crescido sobretudo na iniciativa privada vem agravando a distorção existente na matriz da educação superior brasileira, que é excessivamente concentrada na área de ciências humanas. As instituições privadas oferecem cursos preferentemente nessas áreas, pois exigem muito menos investimento em laboratórios e infra-estrutura.

Figura 4. Concluintes por área de conhecimento - Brasil 2002



Fonte: Seed/MEC

Com isso, em 2003, quase 69% dos graduados no Brasil se formaram em ciências sociais, negócios, direito e educação, enquanto as áreas de engenharia – que exigem mais investimentos, mas são essenciais para a modernização tecnológica do País – representam 13,2% dos formandos (fonte: Censo da Educação Superior – MEC).

O número distancia o Brasil da realidade dos países que vêm crescendo rapidamente a base de apostar em seu desenvolvimento tecnológico. Como dissemos antes, na Coreia do Sul, os engenheiros representam 27,4% do total de graduados e no Japão, 21,3% (ver quadro). Na Europa, o percentual (13,1%) é próximo ao brasileiro, mas aquele continente, ao contrário do Brasil, já resolveu seus problemas de infra-estrutura e tem um percentual alto da sua população em cursos superiores. Além disso, nos países europeus que se destacam como líderes em tecnologia, o percentual de engenheiros sobre o total de graduados sobe: 19% na Alemanha, 20,5% na Suécia, 15,7%, na Suíça. Nos EUA, os engenheiros representam apenas 6,5% dos graduados, mas isso já é motivo de preocupação para o governo norte-americano que está traçando estratégias para garantir o suprimento de engenheiros necessários para a modernização tecnológica permanente do país (ver capítulo Panorama Internacional).

Por tudo isso, a expansão quantitativa e qualitativa da educação superior que o País precisa, com o perfil necessário para impulsionar seu desenvolvimento, só será possível se for ancorada, essencialmente, numa substancial ampliação dos investimentos públicos na área.

A indústria, em seu documento “Contribuições da Indústria para a Reforma da Educação Superior”, propõe que as verbas federais destinadas à área aumentem progressivamente até chegar a 1,5% do PIB em cinco anos. As verbas viriam associadas a um programa de expansão das vagas, orientado pelas prioridades da política industrial e com critérios de distribuição dos recursos que levariam em conta o número de novas vagas criadas e a avaliação de qualidade dos cursos.

A ampliação das vagas deve ser norteadada por estratégias de desenvolvimento regional, com prioridade para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, e para as áreas de ciências exatas, engenharias e formação de tecnólogos. A ampliação da oferta deve ser também muito articulada com o setor empre-

Figura 5. Os engenheiros no total de graduados (percentual de ciências & engenharia do total de novas graduações, 2000)

PAÍS	ENGENHARIA (%)
OECD* ⁽¹⁾	11,9
EUA*	6,5
Japão*	21,3
União Europeia*	13,1
Alemanha*	19,0
Áustria*	17,3
Espanha*	12,9
Finlândia*	24,0
França*	11,2
Grã-Bretanha*	9,9
Itália*	16,0
Suécia*	20,5
Suíça*	15,7
México*	14,0
Turquia*	13,3
Coreia*	27,4
Brasil **	13,2

(1) Média dos países disponíveis.

Fonte: *Education database, May 2003, Organisation for Economic Co-operation and Development/OECD4 e

**Censo da Educação Superior/MEC.

sarial, para promover uma formação voltada às necessidades do mercado, à transformação de conhecimento em riqueza, com foco prioritário nos setores apontados como estratégicos pela política tecnológica, industrial e de comércio exterior do País.

Os setores prioritários da política industrial devem ser o foco central para a criação de novos cursos e novas vagas, para ações de estímulo à criação de pólos, parques tecnológicos e incubadoras de empresas, ampliação da oferta de estágios e de estímulos a projetos de pesquisa e desenvolvimento em parceria. Nesse contexto, as engenharias, evidentemente, ocupam lugar de destaque, o que sublinha a necessidade de se investir na formação de professores para esta área.





4. Panorama internacional

Os países que lideram o desenvolvimento tecnológico lutam para manter sua hegemonia e enfrentam hoje um dilema da globalização: se, por um lado, existe nítida vantagem em exportar oportunidades para os países em desenvolvimento que já possuem reserva bem estabelecida de recursos humanos em alto nível, por outro, essa opção pode colocar em risco a própria liderança conquistada na sociedade do conhecimento.

A possibilidade de criação de novos laboratórios, centros de pesquisa ou outros ambientes de geração de conhecimento aplicado nos países em desenvolvimento é consequência positiva do processo de globalização. O avanço das tecnologias de comunicação e informação está derrubando as fronteiras nacionais para o livre fluxo do conhecimento aplicado. Isso permite internacionalizar as atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), aproveitando as vantagens comparativas de países que têm recursos humanos qualificados com salários muito mais competitivos. Mas como internacionalizar essas atividades sem perder a hegemonia na sociedade do conhecimento?

A esse conjunto de forças diversificadas e conflitantes, próprias da globalização das economias, que hoje se reflete nas áreas do conhecimento, em especial nas engenharias, os norte-americanos chamam de *disturbing mosaic*.

Novos centros de excelência tecnológica consolidam-se em países como Irlanda, Finlândia, China, Índia e outros, que deram prioridade à formação em engenharia, especialização, por excelência, condutora da inovação na indústria e demais setores econômicos. Diante disso, os Estados Unidos parecem acreditar ser mais vantajoso complementar o número de engenheiros de que o país necessita com a importação de profissionais pós-graduados.

Nesse contexto, as engenharias defrontam-se com um duplo desafio: o da internacionalização dos processos produtivos – que exige ambiente de crescimento econômico para os parceiros envolvidos – e o da necessidade de fomentar o comportamento empreendedor dos engenheiros, de forma a aumentar sua empregabilidade.

Esse mosaico conturbado constitui uma janela de oportunidade para países em desenvolvimento, como o Brasil, em dois aspectos:

- 1) abre a possibilidade de que produtos e processos inovadores – inclusive os dirigidos ao mercado global – passem a ser concebidos em países em desenvolvimento, desde que estes disponham de capacidade instalada para isso;
- 2) abre espaço para que as pequenas e médias empresas integrem-se ao processo criador de riqueza.

O Brasil, entretanto, só aproveitará de fato essas oportunidades se houver uma deliberada inversão do vetor científico – até hoje predominante no País – para o tecnológico, como fizeram países menos desenvolvidos da Ásia – os chamados tigres (Taiwan, Hong Kong, Coréia do Sul, Singapura) e baleias (China e Índia) asiáticos.

Deve-se ressaltar também que o crescimento do mercado interno no ambiente de novos métodos produtivos – que buscam a transferência de parte da geração do conhecimento para a América Latina e o Caribe – constitui uma oportunidade para o Hemisfério Sul e uma redução dos custos de produção para o Norte, em um processo que tende a aumentar a competitividade sistêmica *vis-à-vis* às demais regiões supranacionais do planeta.

Tal qual a globalização da produção exigiu a criação de um sistema internacionalmente reconhecido de certificação de produtos e processos, a globalização das atividades de pesquisa e desenvolvimento e o crescimento da mobilidade da mão-de-obra qualificada repetem a exigência da certificação e do reconhecimento de títulos de nível superior. Esse processo leva à necessidade de criação de parâmetros para comparar os conteúdos dos cursos. Ao mesmo tempo, a internacionalização da produção do conhecimento – ao lado da crescente complexidade e interdisciplinaridade das tecnologias – exige novas aptidões e habilidades dos responsáveis pelas atividades de inovação tecnológica.

Esse mosaico de riscos e oportunidades motivou os países – desenvolvidos e em desenvolvimento – a debater o processo. O presente artigo apresenta um rápido panorama dessas discussões, alinha as diferentes iniciativas dos Estados Unidos para se adequar à nova situação, bem como aponta as articulações na Europa e nas Américas para a criação de parâmetros comuns que permita o reconhecimento de títulos e a modernização da educação em engenharia.

4.1. A PROPOSTA AMERICANA

Preocupados com a ameaça imposta pela globalização à hegemonia econômica dos Estados Unidos, o Congresso norte-americano e a Academia Nacional de Ciências criaram um comitê encarregado de formular uma agenda para a prosperidade na economia global do século XXI.

Refletindo essa preocupação, o documento define o novo ambiente como um *disturbing mosaic*, no qual a retomada da liderança norte-americana não se fará sem a intervenção do governo: foram as forças de mercado que pressionaram os empregos a migrar para países com sistemas fiscais mais atraentes e mão-de-obra mais barata, altamente motivada e não raramente bem qualificada.

O comitê norte-americano identificou dois desafios associados à qualificação em ciências e engenharia: a criação de empregos de alta qualidade para os americanos e a necessidade de fontes de energia limpa, barata e confiável. Para enfrentar esses desafios, o comitê chegou a quatro recomendações que focalizam o capital humano, financeiro e de conhecimento necessários à prosperidade americana.

As ações nessas áreas centram-se na educação pré-universitária (*10.000 Teachers, 10.000 Minds*); pesquisa (*Sowing Seeds*); educação superior (*Best and Brightest*); e política econômica (*Incentives for Innovation*). Essas ações deverão ser implementadas em vinte etapas. Algumas envolvem alterações na

legislação, outras exigem suporte financeiro que viria da realocação de fundos existentes e, quando necessário, da criação de outros.

Chama a atenção a ênfase na educação pré-universitária, por meio da concessão de bolsas para o recrutamento e formação de novos professores e treinamento avançado para o aperfeiçoamento dos já atuantes. Entre as ações propostas nessa área está ainda a produção e fornecimento de material didático de nível internacional às escolas de educação básica.

O documento propõe o aumento anual, durante o período de sete anos, de 10% das verbas destinadas à pesquisa básica de longo alcance, por meio da realocação de fundos existentes e da criação de novos. Atenção especial deve ser dada às ciências físicas, engenharia, matemática, ciências da informação e aos fundos de pesquisa destinados ao Departamento de Defesa. Faz-se a ressalva de que tal prioridade não significa negligenciar as áreas de ciências humanas e sociais. Ao contrário, o documento destaca que os próximos avanços mais significativos nos campos da ciência e da engenharia terão caráter interdisciplinar.

Ainda nessa área, o documento propõe a criação de um *National Coordination Office for Advanced Research Instrumentation and Facilities*, que deverá gerenciar uma verba anual de US\$ 500 milhões, pelos próximos cinco anos. As universidades e os laboratórios nacionais competiriam anualmente por esses fundos.

É sugerida a alocação de pelo menos 8% do orçamento das agências federais de fomento para custear, de forma discricionária, pesquisas de alto risco, mas que apresentam possibilidade de alto retorno. O investimento nesse tipo de pesquisa está inibido por um ambiente crescentemente adverso ao risco. Também se propõe a criação de uma *Advanced Research Projects Agency Energy* para patrocinar programas de pesquisa e desenvolvimento de longo prazo na área de energia.

Para incentivar a formação de estudantes norte-americanos em instituições nacionais nas áreas de ciências físicas, naturais, engenharia e matemática, é proposta concessão de bolsas de 25 mil dólares anuais, durante quatro anos.

A concessão de cinco mil bolsas de pós-graduação por ano em áreas de interesse nacional deverá propiciar a formação de doutores em ciência e engenharia. Espera-se que esse foco garanta a colocação no mercado de trabalho após a obtenção do título. Incentivos fiscais deverão estimular as empresas a promover educação continuada a cientistas e engenheiros.

O documento também mantém e reforça a prática da importação de cérebros por meio de concessão de vistos. Estudantes que obtiverem o doutorado ou grau equivalente em ciência, tecnologia, engenharia, matemática ou outros campos de interesse nacional, em instituições de educação qualificadas, terão o visto de permanência estendido automaticamente por um ano, facilitando a procura de emprego.

Além disso, o título de doutor e a qualificação em ciência e engenharia deverão aumentar substancialmente as chances para a obtenção da cidadania norte-americana. Estudantes e pesquisadores estrangeiros em ciência básica terão acesso à informação e a equipamentos de pesquisa, em laboratórios industriais e acadêmicos, nas mesmas condições oferecidas aos cidadãos norte-americanos e residentes permanentes.

Entre os incentivos propostos à inovação incluem-se a reforma do sistema de patentes e o reforço dos incentivos fiscais para encorajar o investimento privado em inovação. Os incentivos passariam a ser permanentes e aumentariam de 20% para 40% sobre o montante dos investimentos adicionais.

Por fim, e de certa forma surpreendentemente, o documento recomenda a ampliação do acesso à Internet, seja domiciliar ou nas escolas e nos negócios. O que se constatou é que muitos países estão à frente dos Estados Unidos nessa área.

4.2. A EVASÃO DE CÉREBROS

De uma perspectiva global, o processo de evolução das engenharias apresenta duas faces complementares. De um lado, a perda de prestígio social da profissão na Europa e nos Estados Unidos levou a um declínio das matrículas, com o fechamento de departamentos de engenharia nas universidades e instituições de educação superior. Os engenheiros, ao contrário de médicos e advogados, interagem pouco com as pessoas que se beneficiam dos seus serviços, e a baixa visibilidade do seu trabalho acaba desestimulando os jovens no momento da escolha da carreira de engenharia.

Os países desenvolvidos responderam à crise com o recrutamento de engenheiros e tecnólogos nos países emergentes, o que deu origem ao problema da “evasão de cérebros” nas economias periféricas.

Muitos desses profissionais, em regra os mais brilhantes, foram atraídos para fazer cursos de pós-graduação no exterior e alguns não retornaram aos países de origem. Esses recursos humanos altamente especializados supriram a falta de pessoal qualificado nas indústrias de alta tecnologia nas economias avançadas.

A outra face do problema diz respeito aos países em desenvolvimento. Ao servir como fornecedor de talentos para o mercado externo, deixavam de suprir as próprias e crescentes necessidades de engenheiros e tecnólogos. Os recursos que financiavam a formação desses profissionais que acabavam no exterior, por sua vez, eram desviados de setores críticos como educação básica, saúde e infra-estrutura.

A decisão de os países em desenvolvimento mandarem pessoal para estudar engenharia e ciências exatas fora e investir internamente em ciência básica partia da convicção, então dominante não só no Brasil como em organismos multilaterais de cooperação, de que o caminho para o desenvolvimento passava, sobretudo, pelo investimento em ciência e pesquisa básica e, só secundariamente, em engenharia e tecnologia.

Essa concepção levou à criação de institutos de pesquisa básica em nível de pós-graduação, que formavam alunos para os quais não havia colocação com remuneração adequada, tanto na academia quanto no setor produtivo.

Dessa forma, contribuindo para a consolidação da pós-graduação e para a excelência da produção científica, a estratégia dos países em desenvolvimento agravou o fenômeno da evasão de cérebros. Os países emergentes estavam formando mão-de-obra especializada para o mundo desenvolvido.

Mas essa prática não foi adotada de maneira uniforme. Alguns países, como a Coreia do Sul, entenderam acertadamente que a maior contribuição para a criação de riqueza vinha não da produção de ciência básica, mas da formação de engenheiros e tecnólogos.

A “importação de cérebros” foi a solução encontrada para resolver um problema de vantagens comparativas no comércio mundial. Sem condições de competir, na indústria tradicional, com a produção baseada na mão-de-obra barata dos países periféricos, economias como a dos Estados Unidos se concentraram nos setores de alta tecnologia, intensivos em mão-obra altamente qualificada.

A revolução mundial promovida pelo avanço das tecnologias de comunicação e informação, porém, está derrubando as barreiras para a circulação do conhecimento e a internacionalização da sua produção.

4.3. A ERA DA MOBILIDADE

Num mundo sem barreiras à produção de conhecimento, “mobilidade” passou a ser um conceito-chave para quase todo profissional e para as empresas que competem num mercado cada vez mais globalizado. Mobilidade deve ser entendida não apenas no seu aspecto físico – até porque, num mundo integrado pela informática e pela comunicação, a mobilidade está se tornando cada vez mais “virtual” –, mas principalmente no sentido de flexibilidade, de adaptabilidade, de interatividade.

Mobilidade é o conjunto de atributos que permite a um profissional aproveitar novas oportunidades, seja em países estrangeiros ou no próprio local de origem. A mobilidade exige competências que vão além da formação acadêmica tradicional, e a garantia oferecida por padrões internacionais de certificação e acreditação (reconhecimento da certificação) dos diplomas de nível superior.

É uma tendência irreversível que decorre das novas formas de organização da produção em escala planetária, de que são exemplos o *outsourcing*, ou terceirização dentro das fronteiras nacionais; o *offshoring*, ou terceirização internacional; e a formação de cadeias de suprimento, e de informações e conhecimento. A mobilidade impõe-se pela necessidade de garantir a competitividade nos blocos econômicos regionais, bem como o desenvolvimento local, em resposta aos esforços do aumento da competitividade regional.

Para ter mobilidade, um engenheiro necessita aliar o conhecimento técnico e científico tradicional – elementos básicos de matemática, ciências naturais e tecnologia – a outras habilidades que o qualifiquem a assumir responsabilidades no novo ambiente empresarial.

O desenvolvimento das engenharias seguiu o curso do processo de industrialização. Num primeiro estágio, a competência exigida do engenheiro era eminentemente técnica. À medida que a indústria se diversificava e sofisticava, passou a ser requerida a qualificação científica. Na terceira etapa, adicionaram-se as competências gerenciais.

A direção seguida no processo foi a da especialização crescente. Avançou-se, então, para um quarto estágio, a que se chegou optando pela direção inversa – indo-se da especialização para a formação holística.

A formação holística é uma exigência da mobilidade, entendida em suas várias dimensões: profissional, social, cultural, tecnológica, metodológica e multidisciplinar. Em última instância, mobilidade está relacionada à flexibilidade mental e, portanto, à inovação. A relação entre o conhecimento holístico, mercados globalizados, economia do conhecimento e desenvolvimento sustentável é intrínseca.

Para um engenheiro, ter formação holística significa agregar às competências técnicas básicas novos conhecimentos e habilidades. Esse profissional deverá conviver em comunidades e culturas diversificadas, que vivem e resolvem questões e problemas do cotidiano a partir de um olhar peculiar e característico. O engenheiro deve ter capacidade de comunicação e saber trabalhar em equipes multidisciplinares. Ter consciência das implicações sociais, ecológicas e éticas envolvidas nos projetos de engenharia, falar mais de um idioma e estar disposto a trabalhar em qualquer parte do mundo.

Uma compilação de estudos recentes resume o tipo de competências e habilidades requeridas hoje de um engenheiro:

- ◆ aplicação de conhecimentos de Matemática, Ciência e Engenharia;
- ◆ concepção e realização de experimentos;
- ◆ projeto de sistemas, componentes e processos para atender a necessidades específicas;
- ◆ atuação em equipes multidisciplinares;
- ◆ identificação, formulação e solução de problemas de engenharia;
- ◆ senso de responsabilidade ética e profissional;
- ◆ compreensão do impacto das soluções de engenharia num contexto global e social;
- ◆ reconhecimento da necessidade de treinamento continuado;
- ◆ conhecimento de temas da atualidade;
- ◆ utilização de técnicas e ferramentas modernas da prática de engenharia.

No Brasil, o Ministério da Educação, por meio do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), propôs as seguintes habilidades e competências para os futuros profissionais:

- ◆ argumentação e síntese associada à expressão em língua portuguesa;
- ◆ assimilação e aplicação de novos conhecimentos;
- ◆ raciocínio espacial lógico e matemático;
- ◆ raciocínio crítico, formulação e solução de problemas;
- ◆ observação, interpretação e análises de dados e informações;
- ◆ utilização do método científico e de conhecimento tecnológico na prática da profissão;
- ◆ leitura e interpretação de textos técnicos e científicos;
- ◆ pesquisas, obtenção de resultados, análises e elaboração de conclusões;
- ◆ proposta de soluções para problemas de engenharia.

A formação de tais habilidades exige que as disciplinas técnicas previstas nas diretrizes curriculares sejam suplementadas com conteúdo interdisciplinar, e que a teoria esteja acoplada à solução de problemas. A cooperação entre a universidade e a indústria nesse caso é fundamental. A compreensão do contexto histórico em que se desenvolveram as engenharias nos diversos países ajuda a quebrar as barreiras culturais. A educação continuada ou a aprendizagem ao longo da vida é exigência de um mundo em transformação acelerada e da tendência de envelhecimento da população, que leva a uma extensão da vida útil da força de trabalho.

4.4. INICIATIVAS

Diversas iniciativas estão em curso, em diferentes regiões do planeta, para lidar com essa nova realidade. Em 2003, depois de uma ausência de dezoito anos da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), o governo dos Estados Unidos anunciou que uma parte significativa dos recursos que alocaria à instituição seria destinada a reforçar programas de engenharia e de educação em engenharia.

Motivada pela iniciativa norte-americana, a *World Federation of Engineering Organizations* (WFEO) criou um *Standing Committee on Capacity Building*. Sediado nos Estados Unidos, o Comitê tem seus membros indicados pelos oitenta países que integram a WFEO.

Em 1998, a União Européia deu início a um processo que visa à criação, em 2010, da “Área Européia de Educação Superior”, na qual haveria o reconhecimento e acreditação mútua de títulos de educação superior. O assim chamado Processo de Bolonha começou com a Declaração da Sorbonne, assinada pelos quatro maiores países da Comunidade: França, Alemanha, Reino Unido e Itália. Um ano depois, outros 24 países aderiram ao processo.

A motivação para a assinatura dessa declaração teve duas origens: a necessidade de tornar a Europa mais competitiva *vis-à-vis* às demais regiões do planeta e fazer a comunidade européia se beneficiar da educação superior como forma de desenvolvimento local.

Neste espaço não se busca uma homogeneização impossível e reducionista da rica diversidade cultural européia, mas sim meios e modos para que a Educação Superior de cada país seja bem conhecida e possa ser comparável com os demais países da comunidade.

O Processo de Bolonha estabeleceu um sistema único de graus na Educação Superior: o esquema 3-5-8. Escala-se o primeiro degrau (bacharelado) num período de cerca de três anos, ao qual se seguem dois anos até o grau de mestre. O título de doutor é obtido depois de três anos de estudos de pós-graduação. A mobilidade é facilitada ainda por um documento (*Diploma Supplement*) que fornece informações detalhadas sobre a educação numa determinada instituição de um determinado país; e pelo sistema de transferência de créditos (*European Credit Transfer System – ECTS*), que define uma série de regras para a “mensuração” de módulos educacionais em termos de extensão e carga horária.

Recentemente, foi assinado um novo acordo – o EUR-ACE – especificamente para a acreditação européia de escolas de Engenharia. A expectativa é de que se chegue aos primeiros resultados concretos em 2006, com base no conjunto de regras comuns dos vários organismos nacionais de acreditação. A intenção desse acordo é facilitar a mobilidade profissional e de empresas dentro da Comunidade Européia.

Na mesma linha, a Organização dos Estados Americanos (OEA) desenvolve desde 2004 o programa Engenheiros para as Américas, com recursos de agências governamentais e privadas. O programa visa à capacitação de profissionais na América Latina e no Caribe, de modo a torná-los aptos a compreender o contexto internacional dos processos produtivos, com foco nas questões ligadas ao Hemisfério das Américas.

A proposta foi definida em duas reuniões sucessivas: em novembro de 2004, com a presença de representantes de governo de todos os países da região, e, em novembro de 2005, com a participação das Escolas de Engenharia e da Indústria. A Confederação Nacional da Indústria (CNI) esteve representada nesse último evento, em Lima, no Peru.

A proposta de Engenheiros para as Américas se inspira em movimento semelhante ao do Engenheiro Europeu. Nos dois casos os objetivos da iniciativa estão ligados à necessidade de melhorar a competitividade da região supranacional no contexto da economia global e de contribuir para o desenvolvimento social das nações do Hemisfério.

O recente esforço da *National Academy of Engineering* dos EUA na definição do Engenheiro 2020 é a moldura para se refletir sobre a internacionalização dentro do Hemisfério, processo que permitirá transferir oportunidades de alta tecnologia dos países desenvolvidos do Norte do Continente (EUA e Canadá) para a América Latina e o Caribe, sempre que reforcem as indústrias autóctones já estabelecidas.

A efetiva contribuição dessa proposta segue degraus sucessivos de interação, começando com o alinhamento no Mercado Comum do Sul (Mercosul) para a revisão dos processos educacionais em engenharia, além do estudo de meios de acreditação mútua. Outras medidas se seguirão a esses passos iniciais.

A busca de sistemas de equivalência na formação de engenheiros está em curso na área do Acordo de Livre Comércio da América do Norte (Nafta), e, de maneira ainda incipiente, no Mercosul. O Fórum de Cooperação Econômica da Ásia e do Pacífico (Apec), com 21 membros, desenvolveu o documento intitulado *Apec Engineers Register*, um documento que tem por objetivo estabelecer parâmetros para acreditação mútua de certificações.

Resultado da parceria entre governo e setor privado, a certificação da Apec abrange países desenvolvidos, em transição, e em desenvolvimento, o que permitiu transpor as delicadas barreiras de relacionamento Norte-Sul. O sistema da Apec não é mandatário – cada país é soberano na administração do registro nacional, que apenas segue padrões internacionais (*international benchmarks*).

Na qualidade de única entidade profissional de engenharia acreditada pela Organização Mundial do Comércio (OMC), a WFEO ofereceu-se para trabalhar num modelo mundial de mobilidade profissional de engenheiros baseado no sistema da Apec.

A cooperação Sul-Sul é vista pelo programa das Metas do Milênio, das Nações Unidas, como alternativa para o problema da “evasão de cérebros”, uma solução capaz de superar as barreiras de certificação e acreditação, e facilitar a mobilidade entre países populosos e de vasta extensão territorial, como África do Sul, Índia, China, México e Brasil.





5. A educação em engenharias no Brasil

A educação em engenharia no Brasil cresceu acompanhando os ciclos de desenvolvimento do País. O primeiro curso surgiu em 1792, no Rio de Janeiro. Outras seis escolas surgiram nas últimas três décadas do século XIX e cinco outras, entre 1910 e 1914. Um terço dessas primeiras escolas estava em Minas, acompanhando o ciclo da mineração no País.

Em 1930, havia cerca de 30 cursos de engenharia no Brasil, distribuídos em 13 instituições de ensino, 12 delas públicas. A profissão foi regulamentada pela primeira vez em 1933 e, em 1945, chegavam a 47 os cursos de engenharia, distribuídos por oito capitais de estados e algumas cidades do interior de Minas. Na década de 50, com o desenvolvimentismo de Juscelino Kubitschek, surgiram três cursos por ano no País. Em 1962, o País ganhou 11 novos cursos, fechando o ano com 112.

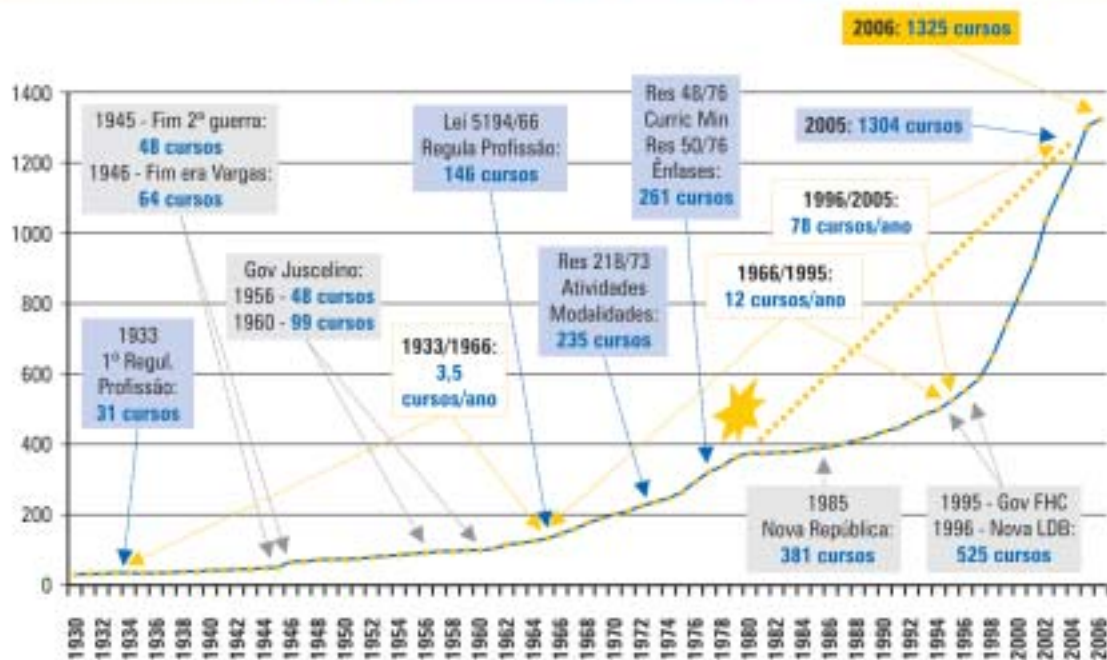
Em 1966, aprovou-se uma nova regulamentação da profissão de engenheiro, estabelecendo as seguintes modalidades para a profissão: engenheiro aeronáutico, agrimensor, agrônomo, cartógrafo, civil, eletricitista, eletrônico, de comunicação, florestal, geólogo, mecânico, metalurgista, de minas, naval, de petróleo, químico, industrial, sanitário, têxtil e de operação. Em 1976 foram aprovadas as resoluções que estabeleceram os currículos mínimos e a que admitiu as ênfases ou habilitações nos cursos. Nessa década, surgiram 17 cursos novos por ano no País, que chegou ao fim de 1979 com 363 cursos de engenharia.

A década de 60 foi marcada pela reforma universitária de 1968, quando se introduziu o conceito de professor de tempo integral, foi estabelecido o regime de créditos e criada a divisão da universidade em centros. As faculdades isoladas foram instadas a agregar-se em instituições mais completas de educação superior. Nesse período, foram lançadas as bases da pós-graduação e da pesquisa universitária, com conseqüências positivas para as engenharias, já que a aprendizagem passava a ocorrer num ambiente de geração de conhecimento.

A estagnação econômica da década de 80 fez-se sentir na área com a desaceleração do surgimento de novos cursos. Em 1996, foi aprovada a nova Lei de Diretrizes e Bases (LDB) que revogou, entre outros dispositivos, a resolução que estabelecia o currículo mínimo para os cursos de engenharia. A nova LDB impulsionou crescimento sem precedentes da educação superior brasileira, com repercussão também nas engenharias.

Se, entre 1989 e 1996 surgiram em média 17 cursos de engenharia novos ao ano, entre 1997 e 2005, a média anual de novos cursos chegou a 78. Em 1996, existiam 545 cursos em aproximadamente 35 modalidades de engenharia; em 2005, já eram 1.251 cursos e 50 modalidades, organizados em departamentos unidisciplinares. A reforma não foi capaz de extinguir a influência das politécnicas de origem francesa que predominaram na primeira metade do século XX.

Figura 6. Crescimento do número de cursos

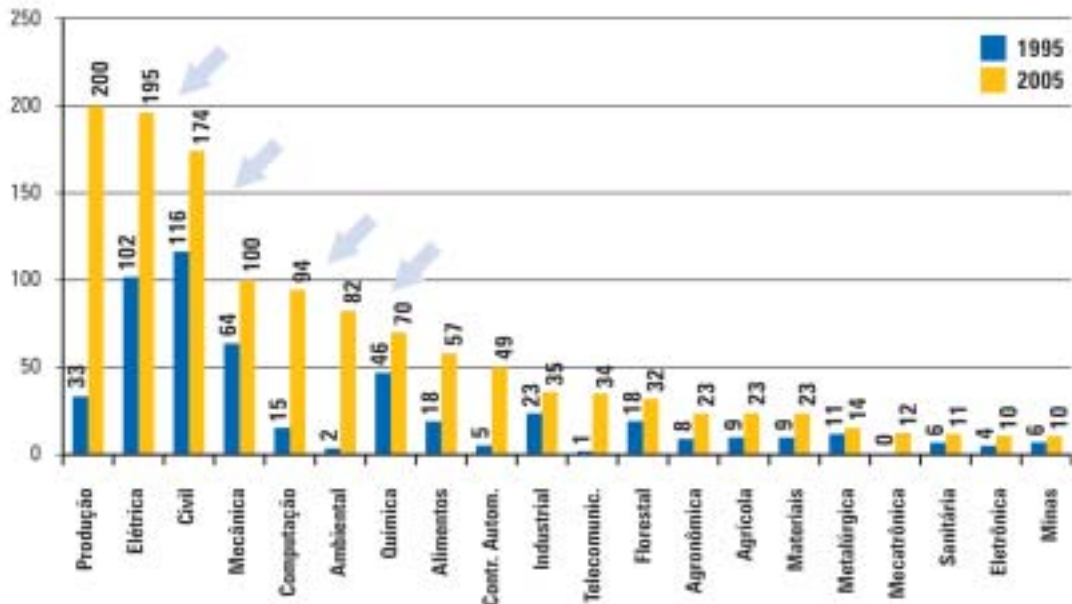


Fonte: Organizado por Vanderli F. de Oliveira - Dados INEP, 2005

Esse crescimento recente concentrou-se na iniciativa privada que aumentou o número de cursos ofertados em 240% nos últimos dez anos, contra 77% nas instituições públicas. Com isso, a mudança foi radical: se até 1998-99, a maior parte dos cursos de engenharia pertencia a instituições públicas, hoje o número de cursos oferecidos pela iniciativa privada é quase o dobro dos cursos públicos.

A flexibilização da legislação contribuiu muito para esse aumento explosivo de novos cursos, modalidades e ênfases. Não houve, entretanto, preocupação e controle adequado da qualidade dos cursos que, em sua maioria, deixam muito a desejar.

O crescimento dos cursos também mudou o perfil dos engenheiros formados. Embora tenham aumentado as vagas em modalidades tradicionais como civil, elétrica, mecânica e química, a maior expansão foi em áreas novas (ver Figura 7). O recorde ficou com a engenharia de produção: 20% dos 706 cursos surgidos entre 1996 e 2005 são desta modalidade. Os sistemas organizacionais de produção adquiriram tal complexidade e sofisticação que os problemas de gestão, antes nem considerados assuntos de engenheiros, passaram a exigir o raciocínio lógico e analítico desses profissionais.

Figura 7. Modalidades que mais cresceram em número de cursos

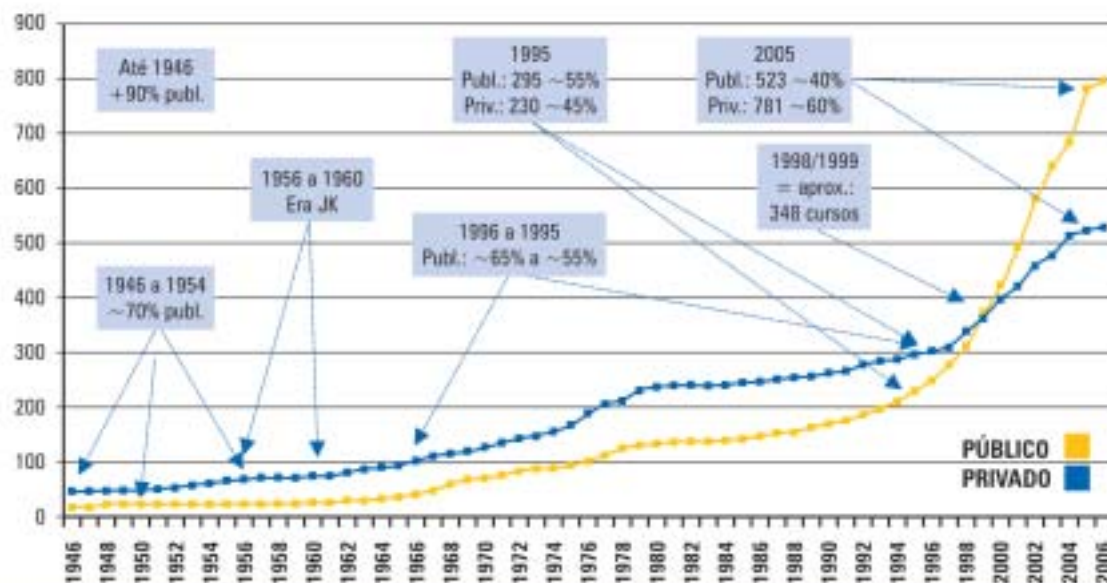
Fonte: Organizado por V. F. Oliveira - Dados INEP, 2005

As outras modalidades da engenharia que mais cresceram nos últimos oito anos foram as associadas a novas tecnologias (engenharia de computação, controle e automação, e telecomunicações); aquelas que refletem maior preocupação com as conseqüências das ações humanas sobre a saúde e o meio ambiente (engenharia ambiental, florestal, de materiais e alimentos), além de algumas modalidades novas, que surgiram como resultado de aplicações da engenharia em áreas novas (engenharia bioquímica, biomédica, de bioprocessos).

Os novos cursos surgiram sem muito controle de qualidade e sem planejamento algum, simplesmente acompanhando o mapa de desenvolvimento econômico, social e industrial do País. Isso acirrou a concentração da oferta. Hoje 30% dos cursos de engenharia ofertados no Brasil e 30% dos que surgem a cada ano estão em São Paulo. Seis estados (São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina) concentram 76% da oferta nacional de cursos de engenharia.

Fora os seis estados mencionados, apenas Bahia, Amazonas e Goiás tiveram aumento do número de cursos de engenharia acima da média, o que se explica pela implementação de infra-estrutura nesses estados, que aumentou a demanda por engenheiros. Isso mostra que a ausência de uma política de desenvolvimento regional articulada e sustentada por uma política educacional acentuou as diferenças e a concentração de recursos.

Figura 8. Público x Privado (Crescimento do número de cursos)



Fonte: Organizado por Vanderli Fede Oliveira - Dados INEP, 2005

Outros fatores que acarretaram uma mudança importante no perfil dos cursos de engenharia foi o fato de a expansão da oferta de vagas e de cursos ter sido maior no período noturno e muito concentrada em instituições privadas. As pesquisas indicam que os alunos dessas instituições – sobretudo do noturno – são, em sua maioria, pessoas de camadas sociais menos favorecidas, que não tiveram possibilidade de freqüentar boas escolas nos níveis de educação precedentes e que, por isso, chegam à universidade muito despreparados.

Em decorrência disso, observa-se numa boa parte dos alunos desses cursos sérias deficiências em termos de conhecimentos básicos – principalmente de física, matemática e português –, mesmo entre aqueles que freqüentam cursos de alta demanda no processo vestibular de ingresso. Essa situação é preocupante porque dificulta a formação de alunos ativos no processo de aprendizagem, engajados em práticas de pesquisa e iniciação científica e tecnológica, que raramente, aliás, são oferecidas nas instituições privadas.



6. Engenharia e tecnologia: dois conceitos indissociáveis

O número de pesquisadores empregados nas empresas – em sua maioria engenheiros — é um bom indicador da capacidade inovadora de um país. No Brasil, esse número ainda é muito baixo em comparação com países desenvolvidos ou em crescimento acelerado. Estima-se que cerca de 10 mil cientistas trabalhem em pesquisa e desenvolvimento em empresas no Brasil. Na Coréia do Sul, o número chega a 125 mil — sendo 90 mil engenheiros e técnicos —, enquanto nos EUA 750 mil pesquisadores trabalham no setor privado, sendo dois terços deles, engenheiros.

Em 1991, calculava-se que no Brasil havia seis engenheiros para cada mil pessoas economicamente ativas, número que, segundo dados do Confea, permanece praticamente inalterado hoje: são 550 mil engenheiros para 90,1 milhões de pessoas no mercado de trabalho. Nos EUA, no Japão, na Inglaterra e na Alemanha essa proporção chega a 25. Embora não existam estatísticas precisas no Brasil sobre o número de engenheiros atualmente envolvidos em pesquisa, desenvolvimento e inovação nas empresas, o crescimento certamente foi modesto.

É verdade que o número de cursos cresceu e que a abertura comercial expôs a indústria nacional à concorrência externa, obrigando-a a se modernizar. Entretanto, a saída escolhida pela imensa maioria das empresas foi a importação de tecnologia e não o seu desenvolvimento: os investimentos das indústrias brasileiras em pesquisa, desenvolvimento e inovação continuaram modestos.

Sendo o fornecedor de tecnologia geralmente o próprio concorrente, não existe interesse em repassar o seu diferencial competitivo. Assim, a importação nessa área é cada vez mais cara, raramente envolvendo produtos de última geração, o que evidencia a necessidade de se investir no desenvolvimento das próprias inovações tecnológicas.

Outro problema vem do fato de que as oportunidades perseguidas por microempresas surgem, muitas vezes, dos nichos locais de oportunidades, que ocorrem em janelas estreitas de tempo, ou seja, possibilidades a explorar rapidamente. Sem a capacidade de desenvolver tecnologias apropriadas, essas microempresas sequer existirão.

Comprar e adaptar, com frequência, é o primeiro passo na direção de adquirir essa competência. Por isso, ainda que para incorporar tecnologia, as empresas necessitam de um número crescente de engenheiros altamente qualificados. Mesmo as empresas e países que não lideram o processo, precisam de engenheiros qualificados para incorporar as tecnologias existentes e adaptá-las às suas necessidades. Essas adaptações exigem conhecimentos e competências cada vez mais sofisticados e que se tornam obsoletos rapidamente porque a velocidade com que os novos conhecimentos se transformam em produtos, serviços e melhorias no sistema produtivo é cada vez maior.

A crescente competência industrial exige maior habilidade e eficácia do engenheiro para converter em aplicações práticas os resultados das descobertas científicas e tecnológicas. As novas tecnologias são desenvolvidas por equipes interdisciplinares de alta qualificação e com suporte material complexo que envolve sofisticados instrumentos de observação, registro e análise de dados.

A automação mudou as funções do engenheiro, concentrando-as cada vez mais na fase de concepção de novos sistemas ou de suas adaptações posteriores, o que exige capacidade de programação e desenvolvimento de *software*. A complexidade e alto custo das instalações produtivas faz com que, muitas vezes, sejam necessários engenheiros não só nas suas fases de projeto e instalação como na de operação e manutenção. O engenheiro de produção ganha protagonismo.

As atividades do engenheiro envolvem, cada vez mais, serviços integrados de tecnologia, abrangendo não só os aspectos técnicos, mas também suas possíveis implicações em termos econômicos, sociais e ambientais. As exigências de qualidade e de redução dos custos, assim como as barreiras técnicas crescentes no comércio internacional, levam a um esforço crescente de normalização e padronização.

As funções do engenheiro têm cada vez mais interfaces com outras áreas, dentro e fora da empresa, exigindo um leque de conhecimentos mais amplos e uma capacidade de análise mais profunda sobre a realidade social, legal, ambiental e econômica, além de mais habilidade para a comunicação e o trabalho em equipe.

A nova realidade de rápida evolução tecnológica exige que o engenheiro tenha:

- ◆ sólido conhecimento nas áreas básicas;
- ◆ capacidade para apropriar-se de novos conhecimentos de forma autônoma e independente;
- ◆ espírito de pesquisa para acompanhar e contribuir com o desenvolvimento científico e tecnológico do país;
- ◆ capacidade para conceber e operar sistemas complexos, com competência para usar modernos equipamentos, principalmente recursos computacionais, estações de trabalho e redes de comunicação;
- ◆ aptidão para desenvolver soluções originais e criativas para os problemas de projetos, da produção e da administração;
- ◆ pleno domínio sobre conceitos como qualidade total, produtividade, segurança do trabalho e preservação do meio ambiente;
- ◆ habilidade para trabalhar em equipe, para coordenar grupos multidisciplinares e para conceber, projetar, executar e gerir empreendimentos de engenharia;
- ◆ conhecimento de aspectos legais e normativos e compreensão dos problemas administrativos, econômicos, políticos e sociais, de forma a compreender e intervir na sociedade como cidadão pleno, principalmente no que se refere às repercussões éticas, ambientais e políticas do seu trabalho;
- ◆ domínio de línguas estrangeiras, necessário para o acesso direto às informações geradas em países avançados, onde surgem as principais inovações;
- ◆ percepção de mercado e capacidade de formalizar novos problemas, além de encontrar sua solução.

O novo contexto tecnológico exige mudanças no perfil do engenheiro e, portanto, no perfil da educação em engenharia. Em resumo, essa educação deve ter como ponto central dos **conteúdos** a serem transmitidos um forte embasamento em ciências e matemática, devidamente contextualizado no universo da engenharia; não deve ter foco nem politécnico nem especialista permitindo uma formação personalizada, de acordo com os interesses do aluno e o contexto socioeconômico regional da instituição de educação, mas sem perder a perspectiva de que a engenharia pressupõe um conjunto articulado de conhecimentos; e deve garantir o domínio das facilidades oferecidas pela informática e de línguas estrangeiras.

A maior mudança, porém, é na área da **aprendizagem**. Salvo os conteúdos enumerados acima, a educação em engenharia não se deve focar demasiado em conteúdos mas sim em garantir que o futuro profissional aprenda a aprender sozinho, para evitar a ameaça da obsolescência prematura. Tudo que o aluno pode ler e entender, não deverá ser exposto pelo professor. Deverão ser utilizados meios eletrônicos complementares de informação e educação, manuseados individualmente pelo aluno na busca de conhecimentos (vídeo, CD-rom, multimídia, Internet, etc).

É essencial, ainda, que o futuro profissional seja treinado para saber avançar no desconhecido. Sua graduação deve lhe proporcionar familiaridade com a metodologia da pesquisa e do desenvolvimento experimental, com os ambientes onde se intercambiam novos conhecimentos e novas tecnologias – seminários, revistas, redação técnico-científica –, com a legislação de propriedade intelectual que regula estes conhecimentos novos e com valores éticos fundamentais.

Os cursos devem garantir que o aluno aprenda a fazer, com criatividade e ousadia, o que implica em ser capaz de estudar, pesquisar, projetar e produzir, integrando todas essas fases do processo. O aluno deve ser, ainda, desafiado a fazer, a exercitar o “engenheirar” não apenas na escola como no setor produtivo, mediante estágios supervisionados.

Essa nova concepção dos cursos de engenharia implica profundas transformações na atividade docente e no próprio conceito de docente que passa a ser não mais o que transmite conhecimentos, mas o fornecedor de estímulos e facilidades para a aprendizagem e a pesquisa dos alunos². Essas mudanças exigem o envolvimento sistemático do corpo docente em um programa permanente de pesquisas e de qualificação de modo a garantir que este processo seja dotado tanto de fundamentos, quanto de métodos, técnicas e meios científicos eficientes.

Os recentes métodos industriais que envolvem cadeias de produção constituídas por médias, pequenas e até microempresas, sublinham a necessidade de engenheiros empreendedores capazes de perceber o problema que precisa ser resolvido. O engenheiro que resolve problemas identificados por outros está sendo substituído pelo engenheiro que resolve problemas que ele mesmo descobre. Os cursos de engenharia, portanto, precisam preparar estudantes com visão de mercado e que aprendam na escola a formular questões relevantes.

2. O Professor John Prados, hoje emérito da Universidade do Tennessee, costuma referir-se ao professor como a *guide on a side and not a sage on stage*.

A capacidade de perceber problemas em uma economia global impõe ao engenheiro uma visão internacional e capacidade de trabalhar em grupo com participantes de outras áreas de conhecimento e outras culturas.

É essencial evitar a prática excessiva de compartimentar o conhecimento e suas aplicações. A natureza e as modernas tecnologias são complexas e multidisciplinares. A visão unidisciplinar é artificial, portanto as divisões entre departamentos e disciplinas deve ser o menos estanque possível. Devem-se ensaiar novas estruturas organizacionais e novas maneiras de estudar, entender os fenômenos e suas aplicações e implicações. Dotar o futuro engenheiro de uma visão sistêmica.

O engenheiro deve ter a capacidade de juntar meios de naturezas diversas (humanos, materiais, etc), organizá-los e empregá-los eficientemente para criar e produzir. Deve ser treinado para ter iniciativa, para ser quem “faz acontecer”. Para tanto, deve ter liderança e familiaridade com o trabalho em equipe.

A mudança de paradigmas na organização da produção exige uma mudança do modelo organizacional dos cursos de engenharia, cujo foco tem de deixar de ser o ensino e passar a ser a aprendizagem. O desenvolvimento de novos modelos de gestão e avaliação de cursos, aliado à busca por novos métodos e meios de ensino / aprendizagem, é a saída para que a educação em engenharia possa formar profissionais adequados à nova realidade.

Por fim, o sistema educacional em engenharias deve mudar suas estruturas no sentido de acabar com o conceito de formação terminal. Em áreas tecnológicas não há mais formação terminal. A chamada formatura deve ser encarada apenas como o momento que marca a desvinculação do cidadão da escola e o início do seu vôo solitário na aquisição contínua de conhecimentos, na linha do conceito de aprendizagem ao longo da vida que tem sido praticado com sucesso pelos países que dispõem de aparelho educacional de qualidade reconhecida e apresentam elevada competitividade internacional.

Essa visão precisa estender-se também aos docentes que devem ter presente que jamais estarão, eles mesmos, formados, num sentido terminal. Todos os docentes devem ser estimulados a estudar e produzir durante toda a carreira, tanto intelectual como praticamente. As escolas de engenharia devem oferecer e facilitar oportunidades para isso.

É importante ainda “legitimar” conhecimentos. O sistema educacional formal não tem o monopólio do conhecimento. Hoje valiosos conhecimentos podem ser adquiridos fora do sistema. A escola deverá não só fomentar a busca de conhecimentos onde eles estiverem disponíveis, como também aceitá-los oficialmente, criando formas de averiguar e certificar esses conhecimentos.





7. A educação em engenharia de que o país precisa

No contexto acima apresentado, a formação oferecida hoje pela maior parte dos cursos de engenharia instalados no Brasil ainda deixa muito a desejar. A despeito dos avanços e de ilhas de excelência, boa parte dos cursos ainda forma engenheiros com conhecimento teórico apenas razoável, com lacunas de conhecimentos específicos e com poucas habilidades práticas.

Por serem cursos implementados basicamente pela via verbal e literária, as habilidades práticas só chegam a ser aprendidas nos primeiros empregos, fato que tem dificultado, inclusive, o acesso dos recém-formados ao mercado de trabalho.

Além disso, também se observa na formação de boa parte dos engenheiros um nível precário de conhecimentos gerenciais, administrativos, sociais e ambientais, o que é especialmente grave quando constatamos que a maior parte dos engenheiros acaba assumindo funções gerenciais entre 5 e 7 anos depois de formados.

Na maior parte dos cursos, a formação dos engenheiros tem ênfase acadêmica e de prática de pesquisa, quase sempre sem sintonia com as necessidades da indústria. Superar essa deficiência, aproximando a academia das necessidades das empresas, é certamente o maior desafio da educação nacional em engenharias. Este desafio também pode ser percebido nos cursos de pós-graduação *lato sensu*, quase todos avaliados por seus resultados acadêmicos, praticamente sempre desvinculados das realidades do setor produtivo empresarial.

Tanto os docentes como os alunos deveriam ser mais envolvidos em atividades de pesquisa e em projetos voltados a aplicar conhecimentos teóricos na solução de problemas práticos e reais das indústrias. É nesses projetos que os estudantes têm a oportunidade de exercitar a interdisciplinaridade e o trabalho em equipe que caracterizará sua vida profissional. A Lei de Inovação (Lei 10.973/04), inclusive, permite que docentes e pesquisadores de instituições públicas se afastem de suas funções para formar empresa relacionada à inovação (artigo 15). Também prevê que as instituições públicas de pesquisa e educação superior desenvolvam projetos voltados à inovação tecnológica em parceria com o setor privado (artigos 8º e 9º), seja como desenvolvimento conjunto ou como prestação de serviços.

Um importante instrumento para fomentar essa integração é a prática de estágios realmente supervisionados pelos educadores, nos quais os alunos desenvolvessem projetos que significassem a aplicação prática de conhecimentos teóricos na solução de problemas reais da indústria e na melhoria de seus processos.

Isso é importante para que os alunos assimilem de fato os conteúdos teóricos e desenvolvam o espírito empreendedor e a capacidade de iniciativa, pesquisa e busca autônoma por conhecimentos, habilidades essenciais para que os estudantes se convertam em engenheiros capazes de se atualizar constantemente depois de formados.

Esses estágios focados, que desenvolvem projetos aplicados, muitas vezes contribuem para acelerar a incorporação de tecnologia pelas empresas, pois evidenciam as vantagens de se inovar, aumentando as demandas do setor privado nessa área. O contato com a academia também favorece o aumento das pesquisas colaborativas. Os estágios, portanto, contribuem inclusive para aproximar a pós-graduação das empresas, como determina o Terceiro Plano Nacional de Pós-Graduação, priorizando as áreas recomendadas pela Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior.

7.1. INTEGRAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DE CONHECIMENTOS EM ENGENHARIA

Embora as novas diretrizes curriculares do curso de engenharia, vigente desde 2002 (Resolução CNE/CES 11/2002), tenham flexibilizado a organização dos cursos, ainda predomina o modelo curricular que concentra disciplinas básicas teóricas nos primeiros semestres. Esse modelo precisa ser mudado com urgência porque favorece a desvinculação entre teoria e prática e desestimula os alunos. Outros países vêm adotando, com sucesso, modelos que distribuem disciplinas fundamentais, como matemática e física, ao longo de todo o curso, com grau crescente de complexidade.

A introdução de conteúdos práticos e contextualizados desde o início do curso é essencial para a assimilação dos conteúdos teóricos dentro da perspectiva de sua aplicação prática criativa. Além disso, pode ser um importante fator de motivação para o aluno, ajudando a reduzir os índices de evasão.

A conjugação entre as chamadas atividades teóricas e práticas habilita o futuro profissional para intervir na realidade, dominando suas nuances por meio de atividades simuladas, como exercícios, trabalhos, estudos de caso, práticas raramente associadas aos conteúdos teóricos dos cursos. O atual modelo de formação de engenheiros oferece ao aluno uma representação “bidimensional”, narrativa de uma realidade que é tridimensional e complexa. Desvinculada dessa realidade, a teoria acaba perdendo o papel de importante ferramenta para sua compreensão.

No último Cobenge foram apresentadas várias críticas contra a excessiva concentração dos dois primeiros anos dos cursos em disciplinas teóricas e métodos quantitativos e de cálculo. Segundo os relatos feitos no congresso, os alunos argumentam que os professores não conseguem trazer para a sala de aula experiências pragmáticas que poderiam facilitar a compreensão desses conteúdos teóricos, além de tornar as aulas mais estimulantes. É nestes dois primeiros anos de curso que se concentra a maior parte da evasão.

A promoção de grandes eventos competitivos na área das ciências exatas e das engenharias, focados em atividades que integrem teoria e prática, também contribui para aumentar o apelo dos cursos dessas áreas e para arregimentar talentos para as engenharias. Na Coreia do Sul, por exemplo, os vencedores das Olimpíadas de Matemática, Química ou Física desfilam em carro aberto pela cidade, aclamados pela população. No Brasil, os melhores exemplos são as Olimpíadas de Matemática e a Olimpíada do Conhecimento promovida pelo SENAI, sendo essa última excelente exemplo da integração entre teoria e prática.

A aplicação prática e contextualizada dos conteúdos teóricos também deve ser incentivada por meio de estágios e projetos aplicados desenvolvidos dentro de empresas, em parceria com estas. Esse é um

instrumento interessante para aproximar a educação em engenharias das necessidades da indústria. A organização curricular também poderia adquirir maior flexibilidade pela ampliação da oferta de disciplinas optativas, sobretudo aquelas de caráter pluridisciplinar, uma vez que a aplicação prática das engenharias tem exatamente essa característica.

As tradicionais aulas expositivas, baseadas no uso intensivo do quadro negro e de exposição verbal de conhecimentos deveriam ser substituídas por sistemas mais eficientes e participativos. Deveria ser feito um esforço para a produção de materiais didáticos que lançassem mão de todos os modernos recursos das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), especialmente *softwares* interativos, filmes em vídeo, etc. A relevância disso reside no fato de que essas tecnologias potencializam a interação nas aulas, evitando que sejam meras apresentações unidirecionais. Deve-se promover, incentivar e difundir intensamente o uso das TICs na educação em engenharia. Isso é essencial por três motivos fundamentais:

Primeiro, essas tecnologias favorecem que se substituam aulas massificadas e monótonas por programações individuais de estudos, nas quais o aluno pode participar ativamente do processo educativo, elegendo meios, pesquisando, tomando decisões sobre como quer aprender e o que lhe interessa mais.

Em segundo lugar, essa maior autonomia, associada à necessidade de ter mais iniciativa no processo de aprendizagem, é essencial para que o estudante desenvolva uma habilidade que lhe será vital ao longo de toda a sua vida profissional: a capacidade de aprender por conta própria, de ter autonomia para buscar conhecimentos, elemento indispensável para sua atualização constante.

Em terceiro lugar, as TICs são um elemento-chave da modernização tecnológica dos processos produtivos. A difusão acelerada dessas novas tecnologias de comunicação e informação vem promovendo profundas transformações na economia mundial e está na origem de um novo padrão de competição, pelas perspectivas de melhoria de produtividade que oferecem. No Brasil, a baixa difusão do uso dessas tecnologias na área industrial representa uma evidente desvantagem das empresas nacionais com relação aos seus concorrentes internacionais.

É evidente que os engenheiros são peças-chave para alterar essa situação. Por isso é essencial que os estudantes de engenharia estejam inseridos no contexto das TICs desde o início de sua graduação, pois o desenvolvimento e o uso de dispositivos tecnológicos em qualquer campo do conhecimento e da atuação profissional são iminentes aos propósitos da engenharia.

Para incrementar o uso das TICs na educação em engenharia é necessário capacitar os professores nessa área, tanto quanto promover uma profunda alteração na sua concepção de educação. Alguns estudos mostram, inclusive, que os alunos de engenharia, em geral, tendem a ser aprendizes ativos, enquanto as aulas que freqüentam tendem à forma expositiva.

7.2. EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

A educação a distância (EAD) deve ser fortalecida no âmbito das engenharias. Evidentemente é difícil de se conceber uma graduação em engenharia ministrada essencialmente a distância, até

mesmo pela relevância que os projetos *hands-on* devem ter na formação do engenheiro. Apesar disso, ao menos uma parte desses cursos poderia ser ministrada a distância, como permite a atual legislação. O recurso à EAD, além disso, poderia desempenhar papel importante na difusão de atualizações, especializações e complementações à formação dos engenheiros, posteriores ou não à graduação.

No Brasil, entretanto, o uso da EAD ainda é tímido, inclusive como ferramenta complementar na educação presencial. Apesar de ser facultado às instituições de educação superior ministrar 20% das disciplinas de graduação por meios não presenciais, em 2002, apenas cinquenta instituições utilizavam os benefícios dessa possibilidade legal.

Em 2003, apenas 11.109 pessoas concluíram no País cursos de nível superior ministrados a distância, contra 136.272 formados neste ano em cursos presenciais. Mais da metade dos cursos de nível superior a distância com mais de 30 horas letivas são oferecidos por instituições públicas. No ano passado, esses cursos a distância foram regulamentados pelo Decreto 5622/05 que estabeleceu as condições para o credenciamento de instituições e reconhecimento dos cursos. Isso poderia servir de estímulo à ampliação da oferta, mas muitos acreditam que a regulamentação poderá ter o efeito inverso por ser uma muito restritiva.

Apesar de pouco extensa, porém, a experiência brasileira em EAD vem ganhando a adesão de instituições de educação superior de renome, que contribuem para sua consolidação com credibilidade e qualidade. Entre os projetos em curso, destaca-se o da Universidade Aberta do Brasil (UAB), cujo edital foi lançado em dezembro de 2005. No que concerne às engenharias, o sistema UAB poderá colaborar para a oferta de cursos de graduação em engenharia a distância voltados para áreas geográficas onde há demanda de profissionais dessa área, mas não há oferta de cursos.

Na área da educação corporativa também o uso da EAD vem se ampliando com casos notáveis de qualidade e de desenvolvimento de metodologias educacionais específicas. A Universidade Petrobras é um bom exemplo: oferece diversos cursos a distância na área de tecnologia.

A EAD também deve ser ferramenta importante na atualização e na formação continuada de docentes e engenheiros já inseridos no mercado pois sua flexibilidade permite que seja adaptável aos horários de trabalho desses profissionais.

É importante, porém, frisar que um curso de graduação a distância não é meramente a transposição de um curso presencial para esta modalidade. Um curso de graduação em engenharia a distância precisa ser concebido em todos os seus aspectos e conteúdos para essa modalidade, com metodologias próprias e bem elaboradas. Em função disso, por ser esta uma área de educação relativamente nova, será necessário, a curto e a médio prazos, dar prioridade, por meio de incentivos à pesquisa, ao desenvolvimento de metodologias educacionais inovadoras que promovam a adequada incorporação das TICs aos cursos de engenharia, tanto presenciais como a distância.

Um primeiro passo começou a ser dado em 1997, com o lançamento do Programa de Apoio à Pesquisa em Educação a Distância (Papad), iniciativa conjunta da Secretaria de Educação a Distân-

cia (Seed), do MEC, e da Capes. O programa concede bolsas para a realização de pesquisas de pós-graduação relacionada à EAD ou ao uso de TICs na área de educação, além de apoiar financeiramente a difusão desse material, via *web* para escolas e instituições de educação superior de todo o País. Desde 2002, o Paped também premia professores de graduação e pós-graduação pela produção dos melhores objetos de aprendizagem dirigidos a EAD ou que utilizem TICs. Até o ano passado, o Paped avaliou 659 projetos de pesquisa e apoiou 165 deles. Iniciativas do gênero devem ser estimuladas.

7.3. APRENDIZAGEM AO LONGO DA VIDA

A educação continuada também é imprescindível para manter o engenheiro atualizado. Para isso é importante aumentar a oferta de cursos de curta duração, assim como de cursos ofertados na modalidade a distância. As empresas de maior intensidade tecnológica e com políticas mais articuladas de capacitação de recursos humanos já vêm adotando ambos os instrumentos. Muitas, inclusive, já criaram suas próprias universidades corporativas para planejar, ministrar e produzir material didático adequado a esses cursos.

Esta educação corporativa que vem crescendo aceleradamente no Brasil vem se mostrando um eficiente instrumento tanto para compensar deficiências acumuladas ao longo da educação formal, como para complementar essa formação com os conhecimentos necessários para fazer frente às especificidades da empresa. A Nuclebrás, por exemplo, criou um curso com o objetivo de dar formação específica para os engenheiros atuarem na área nuclear. Da mesma forma, a Petrobras oferece uma vasta gama de cursos voltados a complementar a formação dos engenheiros na área específica em que vão atuar, assim como para garantir sua atualização constante.

Seria importante, entretanto, que esses cursos – de atualização, de curta duração, presenciais e a distância – fossem oferecidos em grande escala também por instituições de pesquisa e educação superior, para que a possibilidade de atualização constante estivesse ao alcance também dos profissionais que atuam em empresas menores.

As instituições de educação voltadas para as engenharias também devem estar atentas ao fato de que o caráter absolutamente interdisciplinar da acelerada evolução tecnológica obriga a flexibilizar as fronteiras e aumentar a permeabilidade dos cursos a outras áreas. Os limites que separam as várias modalidades de engenharia devem ser mais flexíveis. Deve-se facilitar que se criem tantos cursos novos quanto necessários para atender às demandas dos vários segmentos produtivos e das realidades locais. Os cursos devem estar articulados com o entorno produtivo em que se inserem, com as políticas de desenvolvimento regional e as empresas locais.

É essencial que as instituições de educação em engenharia rompam com as fronteiras estanques dos departamentos, favorecendo atividades inter e pluridisciplinares focadas em temas ou setores, e estimulando a participação nos cursos de professores de outras áreas do conhecimento nos cursos. Afinal, as funções de “engenhear” demandadas pelo mercado muitas vezes exigem conhecimentos próprios de físicos, químicos, informáticos ou biólogos que acabam chamados para exercê-las.

Por outro lado, a modernização tecnológica das empresas também tende a aumentar a demanda por quadros técnicos intermediários que exercem funções complementares às dos engenheiros. Não se pode pensar na modernização da engenharia sem uma boa retaguarda para os engenheiros, tanto em quadros de nível médio (técnicos) como de nível superior (tecnólogos).

7.4. MUDANÇA CULTURAL DO PROFESSOR

Em relação aos docentes universitários, observa-se que a exigência de dedicação integral ao ensino e à pesquisa, feita pelas instituições públicas, provocou seu afastamento da prática da engenharia. Este é um fator que contribui para distanciar os cursos das necessidades, cada vez mais urgentes e complexas, da indústria. Além disso, o professor pesquisador define cursos e disciplinas em formato excessivamente acadêmico. O que foi uma vantagem da Reforma Universitária, até mesmo à frente de seu tempo em 1968, esgotou-se no início do século XXI.

O problema poderia ser contornado se os docentes estivessem mais envolvidos em trabalhos de consultoria – trazendo ou não alunos para essa prática – e em pesquisas de pós-graduação consorciada, feita em parceria com empresas para gerar inovações com aplicação no setor produtivo. A academia, entretanto, não estimula essas práticas, pois valoriza pouco a experiência profissional em empresas para efeitos da carreira acadêmica, embora as poucas iniciativas que existem nesse sentido venham tendo excelentes resultados.

A origem do problema está, essencialmente, nos critérios adotados pelas agências de fomento já que as instituições de educação superior, por dependerem de verbas dessas agências, norteiam-se por estes critérios com o objetivo de obter boa avaliação de seus cursos e do currículo de seus pesquisadores. Os parâmetros de reconhecimento do mérito das agências de fomento à pesquisa, tanto federais como estaduais, só valorizam aspectos acadêmicos, penalizando os docentes que se dedicam à pesquisa tecnológica. Um artigo publicado em revista científica internacional é classificado com um valor superior ao de uma patente, o que contribui para o afastamento dos professores de temas como empreendedorismo, liderança e inovação.

Seria interessante que os docentes fossem estimulados a realizar estágios e cursos de especialização no País e no exterior, sempre que possível em parceria com empresas. Cursos de especialização e a experiência profissional deveriam ser valorizados para efeitos da carreira docente, tanto quanto os mestrados e doutorados. Também seria positivo atrair profissionais de empresas como alunos ou docentes em cursos de atualização e de pós-graduação. Isso contribuiria para trazer os problemas reais para dentro da sala de aula.

7.5. PESQUISA COOPERATIVA E PESQUISA EM REDE

Finalmente, é essencial lembrar que a modernização da educação em engenharias e a intensificação do seu contato com o setor produtivo empresarial só produzirão os efeitos desejados – de impulsionar o desenvolvimento tecnológico do País – se as iniciativas nessa direção não ficarem restritas à graduação.

Os cursos de pós-graduação *stricto sensu* – mestrado e doutorado – também não têm contribuído na medida necessária para aproximar a academia da prática da engenharia. A maioria das pesquisas desenvolvidas na área de engenharia foi concebida para a sua publicação em revistas científicas internacionais e não para aplicação prática na indústria. Esse formato da pós-graduação foi uma opção que cumpriu um papel em dado momento histórico, mas que precisa ser revista para que o País possa deslançar tecnologicamente. Deveria haver mais estímulos para que mais dissertações e teses fossem voltados à inovação e ao desenvolvimento tecnológico.

A pesquisa integrada com a indústria deve ser dirigida a atender essencialmente as necessidades das empresas locais ou com interesses locais, pois tudo indica que as grandes oportunidades econômicas para o País baseiam-se no desenvolvimento regionalizado, na exploração dos potenciais regionais diferenciados.

Esta ação contribui não só para reduzir as desigualdades internas, como para a inserção do Brasil no mercado internacional com produtos diferenciados e não como fornecedor de *commodities*. A pesquisa integrada com o setor produtivo do entorno dos cursos contribui tanto para o avanço tecnológico das empresas, como para a melhoria da qualidade da graduação, uma vez que funciona para os cursos como referência sobre as necessidades reais do mercado.

Boa parte do problema da falta de sintonia entre a pós-graduação e a realidade das empresas deve-se à pequena demanda empresarial por desenvolvimento tecnológico, inovações e pela pesquisa cooperativa. As empresas brasileiras ainda investem pouco em pesquisa e inovação. Sempre que essa demanda cresce, as pesquisas cooperativas aumentam, a pós-graduação se aproxima das necessidades das empresas e isso tem reflexos positivos também sobre os cursos de graduação.

A indústria deve valorizar a engenharia, a pesquisa, o empreendedorismo e a inovação; e o poder público deve criar mecanismos e ações para estimular que isso aconteça. De fato, a despeito de todas as deficiências que podem ser apontadas na educação em engenharias no Brasil, é inegável que todas as vezes que houve uma demanda importante em algum setor, a engenharia brasileira respondeu à altura com saltos em sua competência para gerar desenvolvimentos tecnológicos e para capacitar recursos humanos.

Os avanços conseguidos pelo País nas áreas de engenharia aeronáutica, de petróleo e agrícola, impulsionados pela Embraer, Petrobras e Embrapa, respectivamente, talvez sejam os exemplos mais espetaculares dessa capacidade de resposta da engenharia brasileira, que levou o Brasil a posições de liderança internacional nessas áreas. Estas conquistas ressaltam também a importância de articular-se a modernização da educação em engenharia com uma política industrial e tecnológica de Estado, concebida a partir de uma visão estratégica de desenvolvimento para o País e suas regiões. Essas conquistas também sublinham a relevância da interação universidade – empresa, essencial nesses três exemplos.

Além desses grandes exemplos de impacto nacional envolvendo a inovação na empresa em contexto de interação com a universidade, são muitos os casos pontuais, de dimensões locais ou regionais, que mostram quanto indústria e educação em engenharias podem avançar quando se aproximam.

As indústrias deveriam participar ativamente da pós-graduação, inclusive recebendo por certo período os estudantes para que parte dos temas de tese e dissertações se foquem nas necessidades da indústria ou, ao menos, sejam inspiradas em temas da realidade industrial. Os casos em que isso ocorre resultam sempre em avanços tanto na educação em engenharia, como no desenvolvimento tecnológico das empresas. Por isso, deveria haver maior abertura e até estímulos da Capes para a criação de mestrados profissionais – como já existem em outros países –, uma pós-graduação com o nível de profundidade e o reconhecimento dos cursos *stricto sensu*, só que voltada para aplicação no ambiente produtivo das empresas.

Ao menos uma iniciativa nesse sentido já está sendo tomada pela Capes. Segundo a página eletrônica da instituição, atualmente, existem 5.095 alunos cursando mestrados profissionais no País e, entre agosto e setembro, a Capes receberá projetos para a criação de novos mestrados profissionais em 26 áreas do conhecimento. O objetivo é aumentar a oferta desse tipo de curso que hoje representa apenas 7% do total de 1.900 programas de pós-graduação no país. Segundo a Capes, o mestrado profissional visa formar pesquisador capacitado para localizar, reconhecer e implementar possibilidades de uso da pesquisa para agregar valor à produção.

Outro mecanismo que se mostrou eficiente para promover a pesquisa colaborativa entre a academia e o setor produtivo foram os estímulos criados pelo Programa de Desenvolvimento das Engenharias (Prodenge) à formação de redes cooperativas de pesquisa focadas em projetos de desenvolvimento tecnológico. As redes agregam competências de diferentes grupos de pesquisa – de várias instituições e de empresas – para o desenvolvimento de projetos, o que reduz custos, permitindo ainda compartilhar riscos, formar recursos humanos e acelerar resultados. (*ver reportagem nos anexos*)

O trabalho de pesquisa e desenvolvimento por meio de redes cooperativas é uma prática que vem se expandindo no mundo todo como resposta à aceleração das mudanças científicas e tecnológicas, à necessidade crescente de conhecimentos de várias áreas em um mesmo projeto e à necessidade de reduzir o ciclo pesquisa-desenvolvimento-produto-mercado, ciclo este hoje já reconhecido como não seqüencial. É um novo contexto no qual instituições isoladas têm dificuldades de desenvolver projetos de forma ágil e a preços competitivos.

O projeto de Redes Cooperativas de Pesquisa (Recope) desenvolvido no âmbito do Prodenge foi um dos primeiros programas nacionais estruturados para apoiar exclusivamente pesquisas cooperativas de interesse do setor produtivo. O programa apoiou tanto projetos de redes que já existiam ou estavam se formando (30 redes envolvendo 82 grupos de pesquisa e 30 empresas), como induziu a formação de novas redes (7, com 32 sub-redes envolvendo 164 grupos de pesquisa e 82 empresas).

A formação das novas redes foi feita em torno de temas previamente selecionados como estratégicos, a partir de uma ampla consulta da qual participaram mais de quatrocentos profissionais. Três critérios nortearam a escolha de sete áreas prioritárias:

- ◆ processos avançados de transformação metal-mecânica e automação industrial, por sua importância para a competitividade de produtos e serviços brasileiros;

- ◆ engenharia de transporte, agroindustrial e de alimentos, de recursos hídricos e saneamento básico, pela grande dimensão social dos problemas e desafios do País nessas áreas;
- ◆ educação tecnológica e aplicações da informática à engenharia, pela relevância de sua aplicação generalizada.

As avaliações do programa mostraram que seus resultados foram extremamente positivos, propiciando pela primeira vez no País o exercício em larga escala da pesquisa cooperativa e inovando ao introduzir uma sistemática de seleção de instituições que agrega competências, em vez de uma seleção por uma disputa excludente. Além de produzir diversas inovações incorporadas pelo setor produtivo, o programa resultou em alianças entre instituições de pesquisa e entre estas e empresas que sobreviveram ao prematuro recuo das agências que financiaram o programa. Estes resultados apontam a conveniência e oportunidade de a iniciativa Inova Engenharia voltar a estabelecer ações voltadas a estimular o desenvolvimento de projetos em redes cooperativas.

A pesquisa colaborativa em redes pode ser vetor importante para o desenvolvimento da inovação no País, insumo essencial tanto para aumentar o valor agregado dos produtos das empresas nacionais, como para as transnacionais aqui instaladas. Estas últimas estão passando a realizar boa parte de sua pesquisa, desenvolvimento e inovação fora de seus países de origem, mas tendem a ser instaladas em países que apresentam competência e recursos humanos qualificados nessa área.

7.6. ATUALIZAÇÃO DE PROFESSORES DE NÍVEL MÉDIO: ATACAR OS PROBLEMAS NA RAIZ

Para dar o salto qualitativo necessário para impulsionar o desenvolvimento do País, tão necessário quanto intensificar a cooperação dos cursos de engenharia com as empresas, destinatário final de seus formandos, é intensificar sua interação com o ensino médio, de onde provêm seus alunos. A linha representada pelo sistema que se inicia na educação básica, passa pela universidade e segue para a empresa sublinha a igual importância das interações da universidade com as duas instituições que com ela se tocam, seja anteriormente quanto posteriormente, na visão dos estudantes.

Docentes e alunos de engenharia deveriam se envolver em projetos voltados a atualização de professores de nível médio que ministram disciplinas relacionadas com a educação em engenharia, especialmente nas áreas de ciências exatas e computação.

Essa atuação contribuiria para reduzir as deficiências que os ingressantes na educação superior apresentam e também poderia ajudar a despertar vocações científicas e tecnológicas entre os estudantes de nível médio que ainda se dirigem, em sua maioria, para as áreas de ciências humanas e sociais.

Ao mesmo tempo, seria importante que as instituições de educação superior organizassem programas voltados a sanar as deficiências de formação dos atuais egressos da educação básica, compreendendo que a capacitação tecnológica da população é um elemento importante da alfabetização e um mecanismo de combate à pobreza.

O último Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), divulgado em março, mostra que os melhores resultados foram obtidos por alunos das cidades de Petrópolis (RJ) e São Carlos (SP), ambas com universidades de alto nível. Isso mostra como o capital intelectual das cidades é fundamental para estabelecer um círculo virtuoso de melhoria da educação como um todo. Um excelente exemplo disso é o Projeto Integrado de Ciências e Matemática para Professores da Rede Pública, um projeto de capacitação e atualização de docentes de nível médio, mantido pela Universidade Federal de São Carlos (Ufscar).

7.7. AÇÃO DE DIVULGAÇÃO E FORMAÇÃO JUNTO A ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

Ainda com o intuito de despertar vocações científicas e tecnológicas, aumentando a demanda pelos cursos de engenharia e o nível dos ingressantes, recomenda-se ainda promover uma Campanha Nacional de Divulgação das Engenharias junto à educação de nível médio. A campanha não só apresentaria os cursos e as perspectivas profissionais em cada área, como poderia incluir ações voltadas a melhorar a formação dos alunos.





8. Mecanismos de fomento disponíveis

Antes de apresentar diversas propostas de ações para que a formação dada aos engenheiros tenha o perfil necessário, vale a pena enumerar alguns mecanismos de fomento já disponíveis que apontam nessa direção ao estimular a inovação tecnológica nas empresas ou atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico realizadas em rede ou em parceria entre instituições de pesquisa e a iniciativa privada. É importante reconhecer que o País avançou recentemente nesse tipo de mecanismo de fomento e sublinhar que, embora estejam ainda aquém das necessidades nacionais de impulsionar o desenvolvimento por meio da inovação, muitos desses mecanismos ainda são subutilizados e muitas vezes completamente desconhecidos pelas empresas.

8.1. Finep

Agência voltada especificamente ao desenvolvimento tecnológico e de inovações, a Finep mantém quatro linhas básicas de ação voltadas: 1) a universidades, institutos tecnológicos e centros de pesquisa; 2) a empresas; 3) ao estímulo à interação entre universidade e empresa; 4) ao apoio ao desenvolvimento social. Em 2006, a Finep prevê investir nestes programas R\$ 1,2 bilhão em apoios não reembolsáveis – provenientes do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) – e R\$ 600 milhões na forma de investimento reembolsável. Cerca de metade dos recursos do FNDCT são alocados em Ações Transversais para as áreas prioritárias definidas pela Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), que tem inovação como destaque.

A linha de apoio à **Cooperação Universidade-Empresa (Coopera)**, dirigida a micro e pequenas empresas (Coopera MPEs), lançada em maio com um orçamento bianual (2006-2007) de R\$ 39,5 milhões (R\$ 17,5 milhões da Finep, R\$ 17,5 milhões do Sebrae e R\$ 4,5 milhões das bolsas RHAE). Além do Coopera, duas outras ações da Finep promovem a interação de micro e pequenas empresas com universidades e instituições de pesquisa: o **Progex**, que busca capacitar as empresas para exportar, e o **Prumo**, que oferece, por meio de unidades móveis, consultoria tecnológica para que as empresas padronizem e melhorem produtos e processos.

Para estimular micro e pequenas empresas de base tecnológica, a Finep tem ainda dois programas que oferecem recursos reembolsáveis: o **Juro Zero** (empréstimos sem juro) e o **Capital Semente**, que oferece capital de risco para empresas nascentes e emergentes.

A Finep coordena ainda o projeto Inovar, que visa construir um ambiente institucional que favoreça o florescimento da atividade de Capital de Risco no País, de forma a estimular o fortalecimento das empresas de base tecnológica nascentes ou emergentes.

Para médias e grandes empresas, a Finep tem o **Pró-Inovação**, que oferece empréstimos com juros subsidiados para atividades de inovação tecnológica, e o Coopera GMEs, que lançou em abril uma carta-convite às empresas no valor de R\$ 67,75 milhões. Esses dois programas incentivam a contratação de pesquisadores, entre os quais engenheiros qualificados, já que exige que as empresas se qualifiquem para inovar.

8.2. CNPq

O CNPq, por exemplo, mantém já há dezoito anos um **programa de bolsas tecnológicas** que financia cerca de 5 mil bolsas de estudos de fomento à pesquisa e formação de recursos humanos no País – com valores entre R\$ 1.000,00 e R\$ 3.000,00 e renováveis por até três anos consecutivos ou não – para que estudantes ou até pesquisadores independentes desenvolvam projetos de inovação tecnológica. O programa inclui modalidades que podem ser pleiteadas por um amplo espectro de candidatos com perfis que vão desde estudantes de cursos tecnológicos de nível médio até consultores altamente especializados, podendo ser solicitadas pelos estudantes, por grupos de pesquisa ou pelas próprias empresas. Embora as bolsas não estejam dirigidas especificamente a engenheiros ou estudantes de engenharia, evidentemente que sua participação nelas pode ser muito grande, dada sua importância na inovação industrial.

Assim, a bolsa de Iniciação Tecnológica Industrial é dirigida a estudantes de cursos técnicos e tecnológicos de nível médio que desenvolvam um projeto de inovação nessa área dentro de uma empresa. Embora as bolsas possam ser demandadas tanto por grupos de pesquisa como por empresas, a maioria das solicitações ainda provém da academia.

A bolsa de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial, a mais usada pelas empresas, é dirigida a graduados – sejam eles recém-formados ou consultores consagrados – que vão formar parte de um grupo de pesquisa da empresa ou da academia que trabalhe em projeto com viés tecnológico. Tanto empresas como grupos de pesquisa da academia podem pleitear essas bolsas. Depois da aprovação da Lei de Inovação, o CNPq passou a admitir que o bolsista possa ser, inclusive, um profissional com vínculo empregatício, desde que, evidentemente, não com a empresa que pleiteou a bolsa. Também com foco nas necessidades da empresa, existem ainda as bolsas de Especialista Visitante, pagas a consultores que venham ajudar a desenvolver na empresa alguma inovação tecnológica; e as bolsas de Extensão Tecnológica e Inovadora, voltadas a permitir que um pesquisador capacitado trabalhe como consultor no desenvolvimento de uma inovação ou algo com potencial de propiciar saltos qualitativos no ambiente produtivo.

Duas modalidades de bolsas, que podem ser pleiteadas por estudantes, visam criar uma cultura inovadora na empresa, estreitando seu contato com a academia e estimulando que contratem pesquisadores. Uma dessas bolsas financia a realização de pesquisa de pós-doutorado dentro das empresas e a outra, conhecida como “bolsa sanduíche”, é paga a alunos de doutorado que queiram desenvolver de seu projeto de pesquisa dentro da empresa.

O CNPq opera ainda o **Programa de Formação de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas (RHAE-Inovação)**, do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), que também oferece bolsas para desenvolvimento tecnológico e inovação; mantém outro **Programa de Apoio a Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica** e ainda custeia Programa de Bolsas de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico de Micro e Pequenas Empresas (**Bolsas Bitec**).

8.3. Capes

Financiadora de mais da metade das bolsas de estudo e auxílios à pós-graduação *strictu sensu*, a Capes tem vários programas de apoio a áreas consideradas estratégicas. Em 2000, 2001 e 2005 lançou o **Programa de Cooperação Acadêmica (Procad)**, que visa estimular a formação de redes de cooperação entre institutos e centros de pesquisa científica e tecnológica. Em 2005, foram apoiados 120 projetos, sendo 19% deles da área de engenharia. O Procad dá preferência a redes integradas por instituições de pesquisa de diferentes regiões do País para tentar reduzir as discrepâncias regionais.

Embora seja um programa essencialmente acadêmico – o apoio pode ser pleiteado por instituições de ensino superior (IES) e centros de pesquisa, não por departamentos de pesquisa e desenvolvimento de empresas –, o Procad dá suporte não só a projetos de cunho científico como tecnológico também. Com caráter estritamente tecnológico, foi lançado em 2006 o Prodefesa, voltado ao desenvolvimento de tecnologia aplicada à defesa nacional. O apoio do Prodefesa pode ser pleiteado por IES, centros de pesquisa e instituições militares, desde que associadas aos dois primeiros.

A partir do anúncio da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), a Capes definiu novos critérios para a distribuição de bolsas de mestrado e doutorado. A instituição, que no ano passado pagou um total de 28 mil bolsas, está lançando este ano **1.653 novas bolsas** especificamente para cursos novos e para as quatro áreas definidas como prioritárias pela PITCE – microeletrônica, *software*, fármacos e bens de capital. O valor previsto no orçamento de 2006 para essas novas áreas é de R\$ 32 milhões.

A importância crescente das engenharias pode ser notada pelo crescimento da sua participação relativa no conjunto de cursos de pós-graduação ofertados no País. Entre 1996 e 2005, o número de cursos de mestrado em engenharia cresceu 7,7%, enquanto nas demais áreas a expansão foi de 6,3%. Nos cursos de doutorado, no mesmo período, a expansão das engenharias foi de 7,4% contra 6,3% nas demais áreas. Apesar disso, porém, o número de cursos de pós-graduação em engenharia ainda representa um percentual pequeno do total: 11,8% no mestrado e 10,4% no doutorado.





9. Propostas práticas

9.1. APOIO AO ENSINO MÉDIO

No Brasil, o ensino médio vem apresentando deficiências que repercutem de forma negativa tanto na opção dos alunos pelos cursos de engenharia, como no nível de preparo de boa parte dos ingressantes nesses cursos. Em certa medida, essas dificuldades estão relacionadas a abordagens pouco estimulantes empregadas no ensino médio em disciplinas como física, matemática, química e informática. Por isso, é importante buscar metodologias que permitam motivar os professores de nível médio e despertar o interesse dos alunos por essas disciplinas, capacitando-os adequadamente para uma eventual opção pela engenharia.

Boa parte da atual crise enfrentada pela Engenharia Nacional tem sua origem na educação fundamental e média, onde prolifera a “síndrome de aversão pela matemática”, além das limitações em redação e interpretação de textos. A evasão de cerca de 50% dos alunos da engenharia ao longo dos dois primeiros anos do curso tem relação, sobretudo, com a fragilidade da formação básica em matemática e com as deficiências cumulativas no domínio do idioma pátrio. Medidas para a capacitação e atualização de docentes nestas áreas são, portanto, essenciais para a modernização da engenharia no Brasil, assim como outras iniciativas voltadas a melhorar a educação fundamental.

As instituições de educação superior, o SESI e o SENAI têm muito a contribuir com isso e se dispõem a fazê-lo. O setor produtivo, concretamente, já mobilizou as entidades vinculadas ao Sistema S para o desafio. O SENAI, na educação técnica e profissional, e o SESI, na educação básica, têm ampla experiência em ofertar formação de qualidade reconhecida, com sólidas bases na área de matemática, redação e interpretação de texto. A Universidade Corporativa do SESI, por outro lado, implementou um dos maiores programas de formação de educadores da história recente, enquanto os cursos superiores do SENAI desenvolveram alguns eficientes programas para compensação de deficiências na formação básica de seus alunos.

Aproveitar as boas experiências dessas instituições é essencial para lograr modificar os paradigmas da educação fundamental, ainda centrados no docente, fazendo com que se foquem na aprendizagem dos alunos. Só dessa forma será possível aproveitar a excelente oportunidade de melhorar a educação fundamental no País, aberta pelo Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica (Fundeb), em fase final de aprovação no Congresso Nacional. O novo fundo englobará o financiamento desde a educação infantil até a média.

Ações propostas

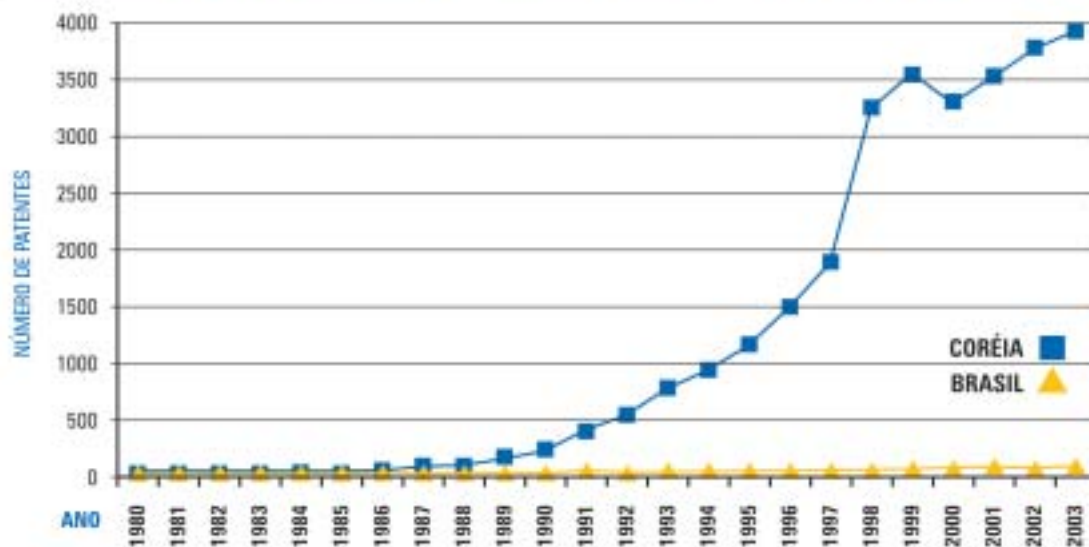
- ◆ Estabelecer parcerias entre universidades, municípios e estados para a capacitação de professores prioritariamente nas áreas de matemática, física, química e informática, mas também nas de língua portuguesa e outras.

- ◆ Estabelecer parcerias entre SENAI, SESI, municípios, estados e outras entidades para intensificação de ações de articulação entre o ensino médio e a educação profissional, com o objetivo de oferecer formação integral de qualidade.
- ◆ Desenvolver ações conjuntas entre as universidades, escolas de nível médio e instituições como SENAI e SESI, buscando despertar no aluno o interesse pelas ciências exatas e a tecnologia, inclusive sublinhando os aspectos de desenvolvimento econômico e social propiciado pela engenharia e estimulando visitas a locais onde é aplicada tecnologia de ponta (o forte vínculo do SESI e SENAI com o setor produtivo pode enriquecer muito essas iniciativas).
- ◆ Desenvolver inovações metodológicas que possibilitem um melhor aprendizado das ciências básicas e informática, buscando a utilização da teoria na solução de problemas reais.
- ◆ Apoiar feiras de ciências e de tecnologia aplicada nas escolas, além de atividades científicas e culturais.
- ◆ Da mesma forma que ocorre com a educação superior, os paradigmas da educação fundamental, ainda centrados no docente, devem ser modificados para focalizar a aprendizagem dos alunos.

9.2. CONJUGAR TEORIA E PRÁTICA, APROXIMAR UNIVERSIDADE E EMPRESA E APOIAR A INOVAÇÃO

O Brasil avançou muito na área científica nas últimas décadas, com um crescimento significativo do número de artigos científicos brasileiros publicados em revistas internacionais. Isso, entretanto, não se refletiu em avanço tecnológico, mensurável pelo número de patentes registradas pelo país. Uma das razões disso é que as universidades e escolas de engenharia têm formado poucos profissionais com perfil para a inovação.

Figura 9. Patentes registradas nos EUA: Brasil x Coréia do Sul



Conseguir uma adequada integração entre as instituições de pesquisa e o setor produtivo é condição imprescindível para que o Brasil consiga superar o *gap* que existe entre sua abundante produção científica e sua incipiente produção de inovações tecnológicas. Várias ações ao longo da última década contribuíram para melhorar a formação dos engenheiros, para atualizar a engenharia e integrá-la com as atividades produtivas e de interesse social. Apesar disso, a aproximação entre academia e empresa, entre conhecimento e inovações ainda está muito aquém do necessário para que o Brasil possa impulsionar seu desenvolvimento tecnológico, econômico e social.

Os problemas do Brasil na área tecnológica são de duas ordens. De um lado, a participação do País na geração de novas tecnologias é pequena; de outro, as pequenas e médias empresas nacionais têm baixo nível tecnológico. As instituições de educação em engenharia e universidades podem contribuir para melhorar os dois aspectos, desde que a formação do engenheiro consiga conjugar, simultaneamente, uma sólida base teórica com a prática de aplicá-la continuamente, desde o início do aprendizado, na resolução de problemas reais. Isso exige estreitar o relacionamento entre a universidade e o setor empresarial.

Na opinião da indústria, expressa na pesquisa realizada por encomenda da CNI para subsidiar a presente iniciativa (ver capítulo específico), as universidades e as escolas de engenharia têm, de forma geral, cumprido sua tarefa nessa área. Os representantes da indústria estão convencidos de que compete a eles a responsabilidade de mesclar a formação técnica à aplicação prática relevante desses conhecimentos. Para isso, a indústria entende que deve abrir suas portas ao acesso de alunos e professores universitários das mais diversas formas (estágio docente e discente, pesquisa colaborativa, parcerias, etc).

É importante também que os programas de engenharia estejam dirigidos também a despertar o interesse do estudante pelo desenvolvimento tecnológico e pelo empreendedorismo, como forma de promover a transformação do conhecimento acadêmico em inovações para empresas e em empreendimentos de base tecnológica.

Ações propostas

- ◆ Implementar um intensivo programa de estágios desde o início do curso superior.
- ◆ Fazer com que toda a formação em engenharia seja realizada com ênfase na aprendizagem *hands-on*, promovendo ao longo de todo o curso projetos que incentivem os alunos de graduação a aplicar conhecimentos teóricos na solução de problemas reais, produzindo inovações. Isso favorece o comportamento empreendedor dos estudantes – só para escolher o tema, eles têm de formular sobre problemas—, sua capacidade de comunicação e interação, ou seja, as *soft skill*-, exatamente as habilidades nas quais os engenheiros atuais mais deixam a desejar na opinião da Indústria, segundo a pesquisa feita pela CNI.
- ◆ Gerar projetos de inovação tecnológica que envolvam estudantes de graduação e de pós-graduação atuando em redes de cooperação com a iniciativa privada e outras entidades de educação e pesquisa.
- ◆ Apoiar a mobilidade de professores, pesquisadores, alunos e engenheiros de empresas para que participem mais em atividades conjuntas voltadas à inovação tecnológica.
- ◆ Promover projetos de extensão aplicados a demandas tecnológicas de pequenas e médias empresas.

- ◆ O Sistema Indústria se dispõe a assessorar as pequenas e médias empresas por meio de comitês técnicos setoriais (CTSs), objetivando incentivar uma cultura favorável à inovação tecnológica e capacitar interlocutores para fazer a ponte entre os centros produtores de conhecimento e as empresas.
- ◆ Aproximar a equipe de técnicos do SENAI das universidades e escolas de engenharia capacitando os técnicos das empresas para implantar o suporte tecnológico, em especial nas pequenas e médias empresas.
- ◆ Iniciar campanha de esclarecimento sobre o papel do engenheiro dentro da empresa como agente da inovação tecnológica.
- ◆ Implantar programas de estímulo – e ampliar os existentes –, na forma de concursos, premiações e bolsas de estudo, para alunos que desenvolvem projetos de pesquisa aplicada dentro de empresas (projetos de desenvolvimento tecnológico, da gestão ou de atividades de exportação, entre outros).
- ◆ Incentivar projetos que envolvam estudantes de engenharia no desenvolvimento de tecnologias concebidas para promover vocações regionais, de forma a impulsionar o desenvolvimento econômico e social regional.
- ◆ Implantar incubadoras de empresas de base tecnológica e apoiar as já existentes;
- ◆ Criar programas de pré-incubação de idéias objetivando induzir a geração de empreendimentos de base tecnológica.
- ◆ Cooperar com parceiros internacionais no campo de tecnologias limpas e avançadas.
- ◆ Promover mais **projetos cooperativos de pesquisa, desenvolvimento e inovação** (P&D&I) entre instituições de educação superior e empresas dos setores industrial e de serviço.
- ◆ Apoiar a formação de redes cooperativas que agreguem competências de várias instituições – universidades, instituições nacionais e internacionais, empresas e organismos de desenvolvimento de políticas P&D&I – para o desenvolvimento de projetos de P&D&I de interesse do setor produtivo e com a efetiva participação deste.
- ◆ Realizar estudos estratégicos e de prospecção tecnológica de forma contínua;
- ◆ Apoiar a capacitação, cursos, oficinas e eventos.
- ◆ Estabelecer uma Rede de Profissionais de Engenharia, que permita fácil acesso às suas competências profissionais e às empresas onde exercem suas atividades.

9.3. PROJETOS EDUCACIONAIS

A educação em engenharia deve incorporar métodos modernos, que estimulem o aprender a aprender e o aprender a empreender. É essencial despertar o espírito de investigação do estudante, dotando-o de ferramentas que permitam o desenvolvimento da pesquisa sistemática e permanente de novos conhecimentos. Deve-se fomentar também no estudante o exercício da prática de definir problemas, projetar soluções e tomar decisões.

Para isso, as novas abordagens sintonizadas com os novos paradigmas de aprendizagem não devem centrar-se mais na transmissão do conhecimento e sim na sua produção, colocando o aluno como elemento ativo e interativo do processo de ensino / aprendizagem. Isso exige novas metodologias e

novos meios de educação que privilegiem atividades curriculares que desenvolvam no aluno a criatividade, o senso crítico e uma atitude proativa, que lhe serão essenciais no exercício profissional.

Ações propostas

- ◆ Desenvolvimento e implementação de novas metodologias educacionais e de novos meios de ensino/aprendizagem que favoreçam atividades mais interativas e que possibilitem a experimentação e o fazer, além do ouvir e do ver, contribuindo para despertar o senso crítico e a criatividade do aluno.
- ◆ Concepção de atividades que demonstrem a aplicação da teoria na solução de problemas reais, desenvolvendo uma cultura investigativa permanente no aluno;
- ◆ Promoção de atividades que explorem abordagens multidisciplinares e sistêmicas de problemas de engenharia.
- ◆ Criação de programas de iniciação científica e tecnológica.
- ◆ Criação de programas de estímulo e apoio à empresa júnior.
- ◆ Criação de linhas de fomento contínuas a projetos de graduação voltados à melhoria dos seguintes aspectos do processo de ensino/aprendizagem em engenharia: meios, métodos, gestão, organização curricular e avaliação.

9.4. APOIO A ESTÁGIO DOCENTE E DISCENTE

Num mundo globalizado, o contato com a realidade do trabalho em diferentes contextos e diferentes culturas é essencial para a formação do engenheiro e para a atualização contínua dos docentes. Por isso é essencial promover estágios discentes e docentes em empresas e instituições, nacionais e estrangeiras que possam contribuir para essa visão técnico-cultural holística e atualizada. Além disso, a maior integração academia-empresa que esses estágios possibilitam tende a favorecer a pesquisa colaborativa e a apropriação do conhecimento científico em inovação tecnológica.

Por outro lado, o estágio em comunidades carentes, desenvolvendo projetos, representa uma forma eficaz de inserção do componente social na formação dos engenheiros, contribuindo para o desenvolvimento de uma atitude de maior responsabilidade social.

Ações propostas

- ◆ Promoção de estágios e visitas técnicas de treinamento de docentes e discentes em institutos de pesquisa e desenvolvimento, universidades, indústrias e empresas do setor de serviços no País e no exterior.
- ◆ Missões de trabalho em comunidades carentes.
- ◆ Graduação sanduíche: intercâmbio de estudantes com instituições do Brasil e do exterior.
- ◆ Organização de fóruns e encontros itinerantes que levem os novos métodos propostos para escolas de engenharia distantes dos grandes centros.
- ◆ Formação de alunos com duplo diploma, os quais, ainda que em número pequeno, contribuirão para a internacionalização do ambiente universitário e estimularão a discussão acadêmica sobre currículos.

9.5. APOIO À EDUCAÇÃO CONTINUADA

O dinamismo atual da evolução do conhecimento científico e tecnológico acabou com o conceito de formação profissional terminal e de currículo estático. A universidade, no papel de geradora e difusora de conhecimento tem a responsabilidade de oferecer aos seus egressos, aos seus docentes e discentes a oportunidade de educação continuada para a atualização e aperfeiçoamento profissional, mediante metodologias de ensino presencial e a distância.

Ações propostas

- ◆ Oferecer cursos de treinamento, capacitação e aperfeiçoamento para docentes e discentes.
- ◆ Oferecer cursos de atualização tecnológica para profissionais dos setores industrial e de serviços.
- ◆ Utilizar novas metodologias de educação a distância possibilitando a atualização profissional no próprio local de trabalho.
- ◆ Criar mestrados interinstitucionais em educação em engenharia com forte participação da indústria, como forma de garantir que os futuros docentes tenham, além da visão acadêmica, a visão do mundo empresarial em que se dá o exercício prático da engenharia.
- ◆ Criar mestrados que revitalizem engenheiros profissionais já ativos em suas carreiras, estimulando dissertações e teses que tratem de problemas da indústria.

9.6. PROJETOS COM FOCOS EM RESPONSABILIDADE SOCIAL E DESENVOLVIMENTO REGIONAL

A engenharia é uma profissão de alto conteúdo social, dela dependem a segurança, a saúde e o conforto do ser humano, além de ser uma atividade com alto potencial de impulsionar o desenvolvimento econômico, por sua capacidade de agregar valor à produção pela incorporação de tecnologia. Considerando isso, é importante inserir componentes humanísticos e sociais nos conteúdos programáticos dos cursos, não necessariamente na forma de disciplinas. O engenheiro deve compreender o alcance e a responsabilidade social de sua atividade, como, aliás, exigem as Novas Diretrizes Curriculares.

Esses conteúdos devem fundamentar-se na prospecção das demandas atuais e futuras do mercado e da sociedade, bem como de quais os setores e atividades com maior potencial em cada região do País. O foco e os conteúdos programáticos dos cursos de engenharia devem estar, dessa forma, articulados com políticas de desenvolvimento regional.

Ações Propostas

- ◆ Realizar, conjuntamente com o setor industrial e de serviços, prospecção das demandas e tendências tecnológicas nas áreas de interesse.
- ◆ Listar, de forma participativa e envolvendo representantes dos diversos setores interessados, as demandas locais, regionais e nacionais de formação de engenheiros.

- ◆ Definir o nível e a extensão da formação científica, tecnológica, gerencial e cultural do engenheiro empreendedor.
- ◆ Implantar laboratórios para os núcleos básico e profissional específico e evitar que as disciplinas lecionadas nesses espaços sejam pouco mais que aulas expositivas, onde dados experimentados são apresentados e tratados como uma receita bem preparada, organizando os cursos, suas disciplinas e o uso dos laboratórios na lógica de projetos *hands-on*, que estimulam a criatividade dos estudantes e privilegiam temas da realidade social, local e do setor produtivo.
- ◆ Organizar missões de trabalho a comunidades carentes.
- ◆ Incentivar projetos que envolvam estudantes de engenharia no desenvolvimento de tecnologias especialmente concebidas para desenvolver vocações regionais, visando ao desenvolvimento econômico e social local.
- ◆ Implantar laboratórios de integração curricular que favoreçam atividades que evidenciam a inter-relação e a aplicação dos diversos conteúdos, contextualizando-os na realidade dos problemas locais atuais e de forma transdisciplinar.
- ◆ Introduzir atividades complementares extra-sala de aula que exijam uma visão dos problemas locais para sobre eles aplicar, de forma prática, integrada e interdisciplinar, os conhecimentos teóricos adquiridos, sempre que possível em projetos desenvolvidos em parceria com empresas ou órgãos públicos, que tenham potencial de aplicação.
- ◆ Implantar uma Rede de Profissionais Seniores em Engenharia — formada por especialistas de universidades e centros de pesquisa com reconhecida experiência nas diferentes áreas da engenharia — para proporcionar assistência técnica e tecnológica a pequenas e médias empresas, responsáveis pelo maior número de empregos no País, e a programas de responsabilidade social da iniciativa privada em geral. A proposta, que já está em discussão no Ministério do Trabalho e Emprego, deveria ser implementada com prioridade.

9.7. POLÍTICA GOVERNAMENTAL DE FOMENTO QUE FORTALEÇA O SETOR TECNOLÓGICO, EM ESPECIAL A ENGENHARIA

A modernização da educação em engenharia com o objetivo de colocá-la a serviço das necessidades do desenvolvimento tecnológico e econômico nacional exigirá uma nova orientação governamental, com o reordenamento das prioridades de suas agências de fomento. A seguir, enumeramos alguns itens que, na avaliação da Indústria, deveriam passar a ser prioritários.

Ações propostas

- ◆ Considerando o resultado da pesquisa feita no setor empresarial (ver próximo capítulo), a Indústria propõe que as políticas de fomento contemplem programas e ações voltados a fazer com que a formação em engenharias englobe, além de uma sólida formação técnica e teórica, o desenvolvimento do conjunto de atributos e habilidades conhecidos como *soft skills*, que se tornaram imprescindíveis no mercado de trabalho atual. São eles capacidade de comunicação oral e escrita, para gestão, liderança, empreendedorismo, inovação, para trabalhar em equipes multidisciplinares, além do domínio de uma língua estrangeira, preferentemente, inglês.

- ◆ Criar incentivos fiscais para que as empresas promovam educação continuada para cientistas e engenheiros e reforçar os incentivos dirigidos a encorajar o investimento privado em inovação. A pesquisa feita pela CNI/SESI/IEL entre grandes indústrias mostra que apenas 3% delas investem em educação continuada.
 - ◆ Fortalecer a complementaridade entre as profissões de engenharia, tecnólogos e técnicos.
 - ◆ Financiar a aquisição de laboratórios e equipamentos, informatização e acervo bibliográfico nos cursos de engenharia, além de conceder bolsas de estudo aos alunos que lhes permitam permanecer e se dedicar ao curso. Essas medidas contribuiriam não só para melhorar a qualidade dos cursos e reduzir a evasão, como para diminuir a distorção que se observa na atual matriz na educação superior brasileira, fortemente concentrada na área de ciências sociais: três profissões desta área – administração, direito e pedagogia – são responsáveis por quase um terço dos estudantes de nível superior.
 - ◆ Incentivar cursos superiores de estrutura flexível, como forma de aumentar o acesso às carreiras tecnológicas. Constata-se tanto na pesquisa feita pela CNI como na recente experiência da União Européia a preferência por um engenheiro de perfil generalista, capacitado para obter posteriormente, em função das demandas do mercado, uma ou mais especializações, seja na academia seja na empresa.
 - ◆ Incentivar cursos superiores de curta e média duração como forma de aumentar o acesso às carreiras tecnológicas. Constata-se tanto na pesquisa feita pela CNI como na recente experiência da União Européia a preferência por um engenheiro de perfil generalista, capacitado para obter posteriormente, em função das demandas do mercado, uma ou mais especializações, seja na academia seja na empresa.
 - ◆ Repensar o perfil do professor dos cursos de engenharia em direção ao que recomenda a Lei de Inovação, mesclando a sólida formação teórica com a indispensável prática ligada ao setor empresarial. Para isso, deve-se considerar a oportunidade de flexibilizar o regime de dedicação exclusiva obrigatória que prevalece nas universidades públicas.
 - ◆ Criar estímulos para que as universidades e escolas de engenharia participem dos centros regionais e nacionais de excelência tecnológica. Os êxitos setoriais em couro e calçados (Rio Grande do Sul), automação (São Paulo e Santa Catarina), têxtil (Rio de Janeiro) e mecatrônica (São Paulo e Bahia) representam exemplos de integração entre o sistema universitário e as empresas que possibilitou a formação de profissionais com um perfil que alia teoria e prática, com excelentes resultados para as empresas e o desenvolvimento regional.
 - ◆ Estudar uma possível revisão dos atuais critérios de rateio das bolsas de estudo mantidas nas diversas agências de fomento, de forma a favorecer os setores tecnológicos. Há muito tempo, a distribuição das bolsas tem sido feita de maneira isonômica, justificável durante o período de implementação e consolidação do sistema de pós-graduação brasileiro. Ultrapassada essa fase, porém, é chegada a hora de rever a utilização destes instrumentos de fomento, beneficiando os setores tecnológicos que funcionam como motor da economia, como fazem os países que estão logrando crescimento acelerado. Isso inclui a revisão do próprio sistema de avaliação do desempenho dos professores e pesquisadores, que hoje desconsidera as atividades voltadas à inovação, desestimulando os docentes a dedicar-se a elas.
-



10. Os engenheiros brasileiros na opinião das grandes indústrias

Embora bem avaliados por representantes de grandes e médias indústrias, escolhidas entre as líderes dos principais setores, os engenheiros formados no País vêm deixando a desejar justamente nas novas habilidades exigidas de forma crescente pelo mercado de trabalho. Ou seja, eles têm boa formação técnica, mas demonstram dificuldades em atitude empreendedora e capacidade de gestão, de comunicação, de liderança e para o trabalho em equipes multidisciplinares. Nesses quesitos cada vez mais cruciais, tanto a indústria como a academia opinam que a defasagem é crescente.

Estas são as principais conclusões de duas pesquisas encomendadas pela CNI/SENAI e IEL, que ouviram a opinião de representantes de 120 grandes indústrias e cinco acadêmicos sobre o perfil do engenheiro de que o País precisa e o que está formando. A primeira pesquisa, qualitativa, ouviu vice-presidentes ou diretores industriais de vinte das maiores empresas brasileiras, além de coordenadores de cursos de engenharia de cinco das instituições mais prestigiadas do Brasil. Os resultados dessas entrevistas nortearam a formulação da segunda pesquisa, quantitativa, que colheu a opinião de vice-presidentes e diretores industriais de outras cem empresas de grande porte, escolhidas entre as líderes de seus setores.

É importante ressaltar que, além de restrita a empresas de grande porte, a amostra escolhida privilegiou as regiões Sudeste e Sul, que concentraram 86% das empresas ouvidas (66% do Sudeste e 20% do Sul). Como essas regiões concentram também a maior parte das escolas de excelência do País, é nelas que as grandes empresas, que pagam os melhores salários, têm a elite dos engenheiros brasileiros à sua disposição para selecionar seus quadros entre eles. A ressalva é importante porque esta característica da amostra pode explicar por que os problemas de baixa qualidade da formação, que afetam a maior parte dos cursos de engenharia criados no País nos últimos anos, não se refletem na pesquisa com a real intensidade com que são captados por vários outros indicadores.

A despeito disso, o estudo indica o que esperam dos engenheiros grandes indústrias que representam a liderança de importantes setores no País, apresentando dados importantes para a reflexão estratégica sobre as engenharias, o perfil dos engenheiros, a postura das empresas com respeito à inovação e tudo o que ainda é preciso avançar para aproximar indústria e academia. Foram ouvidas grandes empresas dos seguintes setores: metalúrgico, químico e petroquímico, eletroeletrônico, têxtil, bebidas e fumo, açúcar e álcool, alimentos, farmacêutico e cosméticos, mecânica, plásticos e borracha, siderurgia, veículos e peças, construção, energia elétrica, transportes e logística, comunicação e gráfica, mineração, papel e celulose e telecomunicações.

Na opinião geral dessas empresas líderes, do ponto de vista do conhecimento técnico, os engenheiros brasileiros apresentam qualidade superior à de outros países em desenvolvimento e até mesmo qualidade próxima à dos profissionais que atuam nos centros mundiais mais desenvolvidos, ao menos em alguns setores industriais como construção civil, mineração e higiene e limpeza. Na área de engenharia mecânica, o Brasil foi apontado como líder nas poucas subáreas que sediam centros de competência mundial das transnacionais.

Figura 10. Notas para engenheiros atuantes no país (setor produtivo)

Em geral, os engenheiros brasileiros receberam boas notas das grandes indústrias no que diz respeito à capacidade para: adaptar-se às demandas específicas das empresas e às mudanças no mercado, diagnosticar e solucionar problemas, aplicar técnicas de engenharia e gerir processos. Chama atenção aqui o item “capacidade de se adaptar às mudanças no mercado” por ser exatamente um dos pontos centrais de queixa das empresas norte-americanas sobre os engenheiros daquele país. Nesse quesito, portanto, a situação brasileira, ao menos entre as grandes empresas das regiões mais desenvolvidas, contrastaria com a norte-americana, com vantagens para o Brasil.

As piores notas dadas pelos entrevistados aos engenheiros brasileiros estiveram relacionadas à capacidade de liderança, domínio em gerenciamento, espírito empreendedor, habilidade para comunicação e conhecimento de áreas correlatas à engenharia, assim como à capacidade de criar processos que satisfaçam às empresas. O problema é que são exatamente essas habilidades aquelas que vêm sendo cada vez mais demandadas pelo mercado de trabalho.

Por isso, embora a opinião geral dos entrevistados seja que, nos últimos quinze anos, a formação dos engenheiros melhorou no que diz respeito à capacidade de gerenciamento, visão abrangente e habilidade para interação pessoal, eles também avaliam que a defasagem nessas áreas é hoje maior do que antes devido à demanda crescente por esses quesitos. Ou seja, a evolução dos cursos não foi suficiente para suprir as necessidades do mercado. Ao mesmo tempo, os entrevistados avaliaram que, nos últimos quinze anos, piorou a formação teórica e o nível de especialização dos profissionais.

Figura 11. Empresas avaliam engenheiros e escolas



O eixo vertical contém as notas dadas aos engenheiros da empresa; o eixo horizontal, as notas dadas às escolas de engenharia, segundo cada uma das habilidades consideradas. Os eixos se cruzam nas médias das notas de cada eixo. Assim, o quadrante inferior esquerdo representa as habilidades nas quais tanto os profissionais do mercado como as escolas tiveram nota abaixo da média, enquanto o quadrante superior direito apresenta as habilidades nas quais profissionais e cursos receberam nota acima da média. No quadrante inferior direito, as habilidades nas quais cursos obtiveram boas notas, embora os profissionais que atuam no mercado não, enquanto o quadrante superior esquerdo traz a habilidade na qual os profissionais estão mais bem avaliados, embora esta não seja associada pelas empresas à formação dada nas escolas.

A pior nota das empresas aos engenheiros atuantes no mercado esteve relacionada à sua capacidade para conceber projetos de pesquisa, mas esta é uma área na qual, ao contrário das demais mencionadas, a demanda empresarial é baixa: poucas indústrias no País mantêm seu próprio departamento de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e a maioria das que mantêm tem suas atividades focadas na incorporação de tecnologia existente e não no seu desenvolvimento. Mesmo entre as grandes empresas, nem todas possuem departamento de P&D. Algumas mantêm simples laboratórios para testes ou nem isso e,

quando necessário, contratam consultorias ou desenvolvem convênios específicos (e raros) com escolas de engenharia para o desenvolvimento de processos ou (mais raro ainda) produtos.

A pesquisa revelou que apenas 19% das empresas mantêm algum tipo de convênio com universidades, sendo que só 3% da amostra total mantém convênios relacionados a educação continuada. O fato é especialmente preocupante considerando que a amostra restringe-se às grandes empresas líderes dos principais setores. Em contraste com essa realidade, a idéia de que a formação em engenharia pode melhorar a partir de uma aproximação entre indústria e escola é amplamente aceita, sendo os estágios apontados como uma importante prática no processo de formação.

A despeito de considerar os estágios fundamentais para melhorar a formação dos engenheiros, a maioria das empresas, segundo a pesquisa, não têm como prática habitual manter convênios com escolas para receber estagiários. A maioria prefere, em função dos custos de manutenção dos estagiários, reservar-se a liberdade de contratá-los conforme a necessidade, sem comprometer-se com números preestabelecidos.

Da mesma forma, as empresas em geral, salvo circunstâncias pontuais, resistem a estimular a realização de cursos de mestrado entre seus funcionários, sob a alegação de que são excessivamente acadêmicos e incompatíveis com a dedicação ao trabalho, sendo de interesse exclusivo do profissional e não trazendo benefícios para as empresas. As empresas ouvidas também admitiram que engenheiros na ativa no setor industrial poderiam beneficiar o processo de formação caso atuassem também como professores.

Outro aspecto importante revelado pela pesquisa foi o quase absoluto desconhecimento dos incentivos públicos para a fixação de doutores nas empresas. Apenas o representante de uma empresa (da área química) entre todos os pesquisados, declarou conhecer o Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (PDTI).

Naturalmente, existem exceções neste universo de distanciamento das empresas do setor acadêmico e da inovação tecnológica – como as empresas nacionais do segmento petrolífero, por exemplo, que fazem alto investimento em inovação tecnológica, apoiado tanto em laboratórios próprios, como em convênios com universidades.

Mas a visão de que o Brasil é um tradicional importador ou adaptador de tecnologias é consensual entre os entrevistados nas indústrias e nas escolas de engenharia, o que confere à atividade do engenheiro no País um caráter menos inovador, mais ligado à técnica e à prática.

Assim, as escolas de engenharia tendem a ser menos valorizadas pela **formação científica** que propiciam aos alunos – já que esse conhecimento estaria mais associado ao âmbito do desenvolvimento tecnológico – do que por aspectos relacionados à formação **técnica e operacional**. Do lado da universidade, predomina a avaliação de que cumprem bem seu papel de “formador” desse profissional de perfil mais “generalista”, mediante formação teórica que constituiria a base para que, inserido no mercado de trabalho, esteja apto ao treinamento prático, à absorção de novos conhecimentos empíricos e ao acompanhamento das inovações tecnológicas.

Também o setor produtivo conforma-se com o fato de que a “formação técnica em áreas específicas” é absorvida como sua responsabilidade natural. Desse modo, programas de capacitação e treinamento para o desenvolvimento de atividades especializadas dentro do contexto de cada empresa ou ramo empresarial seriam prerrogativas da própria indústria.





11. Artigos

APRENDENDO NA PRÁTICA PROJETOS “MÃOS NA MASSA” ENTRE ESCOLAS E INDÚSTRIAS

Luis Carlos Scavarda do Carmo*

A profissão de engenheiro tem evoluído com as contínuas mudanças que os processos produtivos têm sofrido, principalmente ao longo do século XX e os primeiros anos do século XXI. Como consequência, as escolas de engenharia têm sido chamadas, com frequência, a modificar a sua visão quanto à formação do engenheiro, bem como às metodologias educacionais envolvidas.

Após a segunda guerra mundial, as escolas de engenharia sofreram ao menos três grandes modificações:

- 1) A da formação científica do engenheiro, em face do contínuo uso de novas tecnologias baseadas em avanços científicos.
- 2) A da formação gerencial, em face da necessidade de que engenheiros ocupem cargos administrativos.
- 3) A da formação de competências do tipo *soft skills* (habilidades não técnicas), em face do desenvolvimento do ambiente empreendedor das pequenas e médias empresas e de novas formas produtivas envolvendo várias empresas, muitas vezes de países diversos, portanto implicando, freqüentemente, comunicações de escopo intercultural.

A formação científica do engenheiro levou à extensão das disciplinas de matemática, física, química e, mais recentemente, computação. Essas disciplinas básicas, ainda que essenciais, ocuparam fortemente os dois primeiros anos do curso de engenharia e distanciaram os estudantes iniciantes das práticas profissionais.

A formação gerencial e o desenvolvimento de habilidades não técnicas, também passíveis de serem adquiridos em disciplinas teóricas, são, entretanto, mais facilmente desenvolvidos em atividades práticas em que o aluno é protagonista e tem autonomia.

Estes *soft skills* envolvem:

- ◆ facilidade de comunicação escrita e oral;
- ◆ capacidade de trabalhar em grupo, muitas vezes com profissionais não engenheiros freqüentemente vindos de outras culturas;
- ◆ visão de mercado;
- ◆ bom senso e avaliação de parâmetros como tempo e custo nos projetos;

* Diretor da Abenge e vice-reitor administrativo da PUC-Rio

- ◆ comportamento empreendedor.

Recentemente a *National Association of Colleges and Employers* (Nace) realizou uma pesquisa de opinião nos Estados Unidos a respeito da visão atual de professores, industriais e estudantes sobre a educação em engenharia. A pesquisa foi encomendada pelo grupo que gerou o programa *Learning Factory* envolvido em disciplinas *hands-on*.³

A visão dos professores quanto aos estudantes (bastante negativa nesta pesquisa) e quanto a eles mesmos resume-se como:

- ◆ os estudantes nos anos finais do curso perderam curiosidade e criatividade;
- ◆ os estudantes esquecem os temas tratados em aulas teóricas do semestre anterior;
- ◆ experimentos *hands-on* exigem equipamentos que não possuímos;
- ◆ os professores devem ensinar teorias e conceitos básicos, enquanto as questões de cunho técnico devem ser aprendidas “na prática do trabalho”;
- ◆ os professores são premiados pela qualidade da pesquisa que fazem, pelos projetos que trazem para a universidade e não por suas atividades como educadores;
- ◆ professores não têm treino formal em pedagogia;
- ◆ professores raramente trabalharam antes na indústria.

A visão da indústria quanto às qualidades que o jovem profissional (recém-formado) deve possuir resume-se a:

- ◆ habilidades de comunicação;
- ◆ honestidade;
- ◆ habilidades interpessoais;
- ◆ motivação e iniciativa;
- ◆ ética no trabalho;
- ◆ habilidades para trabalho em grupo;
- ◆ habilidades analíticas;
- ◆ flexibilidade e adaptabilidade.

Um resumo da visão dos estudantes pode ser descrito como:

- ◆ os estudantes não têm mais motivação por aulas puramente teóricas;
- ◆ os estudantes necessitam de um ambiente onde possam complementar o aprendizado puramente teórico com um esforço de síntese e não de análise.

3. O *Learning Factory* é um método educacional concebido pela Universidade de Washington, a Universidade do Estado da Pensilvânia e a Universidade de Porto Rico. Este grupo acaba de receber o *Gordon Award* em Educação em Engenharia, o mais alto prêmio oferecido pela Academia Americana de Engenharia (NAE), por seu sucesso em integrar o setor produtivo na escola de engenharia e oferecer um outro ambiente de formação além do da sala de aula.

As disciplinas *hands-on* são projetadas para suprir as necessidades da formação moderna dos engenheiros e responder a algumas das críticas acima. Algumas características destas disciplinas, entretanto, são essenciais para seu sucesso:

- ◆ a disciplina deve ser baseada em um objetivo, ou tema, que tenha uma clara relação com a realidade externa ao mundo universitário;
- ◆ deve existir um ambiente de interação entre a universidade e o setor produtivo;
- ◆ o tema deve ser proposto pelo setor produtivo;
- ◆ é necessária a integração de aspectos de projeto, de manufatura e da realidade de negócios no ambiente da disciplina;
- ◆ todo o sistema educacional precisa estar mais conectado com o aprender do que com o ensinar e os professores devem estar conscientes de sua missão de orientadores;
- ◆ as soluções para os temas devem ser alcançadas por grupos de alunos que se habituem a trabalhar como equipe;
- ◆ as equipes de alunos e os professores – orientadores envolvidos – devem originar-se de departamentos distintos para que equipes multidisciplinares sejam forjadas. Vale comentar que os problemas reais dificilmente são resolvidos com visão disciplinar.

A formação dos engenheiros carece hoje de maior visão do mundo externo aos muros universitários. Os estudantes estão sujeitos a um grande acúmulo de aulas teóricas e mesmo os laboratórios oferecidos tratam de apresentar teorias e não problemas. As disciplinas *hands-on* correspondem a uma forma educacional conhecida como *Project Driven Education* e oferecem uma oportunidade importante de que problemas sejam apresentados aos alunos antes que o conhecimento específico esteja completamente dominado, situação que corresponde à realidade da vida profissional.

Esta forma *just in time* de aprender não substitui a educação seqüencial que forma a base da educação tradicional, mas a complementa adicionando questões do mundo real para o ambiente puramente acadêmico da Universidade.

É PRECISO INTEGRAR MAIS OS SISTEMAS EDUCACIONAL, PROFISSIONAL E O SETOR EMPRESARIAL

Ruy Carlos Camargo Vieira*

O atual ritmo das mudanças tecnológicas exige não só a modernização contínua da educação em engenharias como uma adequada e ágil integração entre os sistemas de educação e de regulamentação profissional dessa área, com ativa participação do setor empresarial. Só dessa forma o País poderá construir uma política nacional de formação de recursos humanos capaz de atender com eficiência às suas necessidades de inserção internacional e de desenvolvimento industrial, agrícola, tecnológico e científico.

* *Engenheiro Sênior consultor do Confea*

Por sistema educacional, entende-se tanto o nível de educação superior, como a educação profissional relacionada à área de engenharia, em particular o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), além da educação básica, infantil e especial. A qualidade das engenharias no País, evidentemente, depende de todos esses níveis de educação mas, para os objetivos que aqui nos interessam, nos centraremos na educação superior. Compõem ainda o sistema educacional os órgãos normativos que traçam as políticas para a área: conselhos de educação (nacional, estaduais e municipais), o ministério da educação e as secretarias estaduais e municipais dessa área.

Já o sistema profissional está composto pelas instituições responsáveis pelo acompanhamento do exercício da profissão, posterior à formação acadêmica: sindicatos, associações de classe, conselhos federal e regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Confea-Creas), além dos órgãos próprios do Ministério do Trabalho e Emprego e secretarias estaduais pertinentes.

Os dois sistemas têm mantido um relacionamento tênue entre si, embora a legislação própria de cada um deles permita um inter-relacionamento muito mais estreito. Para que a engenharia brasileira possa enfrentar os desafios que o desenvolvimento nacional impõe, urge que sejam tomadas medidas específicas para integrar os dois sistemas, com intensa participação do setor empresarial, de forma sinérgica.

Pela legislação vigente, só estão habilitados para o exercício da profissão de engenheiro, arquiteto ou agrônomo os detentores de diplomas – emitidos por estabelecimentos de educação superior reconhecidos pelos órgãos oficiais da área – que, além disso, obtenham registro profissional no respectivo conselho regional sob cuja jurisdição se achar o local de sua atividade. O registro profissional, portanto, é necessidade legal para o exercício da profissão.

Com isso, surge a necessidade de caracterizar adequadamente o nível e a capacitação do profissional que postula registro. A legislação estabelece que cabe às congregações das escolas e faculdades de engenharia indicar ao conselho federal as características dos profissionais por ela diplomados, de acordo com cada título obtido. A partir disso, cabe ao Conselho Federal publicar as resoluções para regulamentação do exercício profissional.

Para que essa interação se aprimore, porém, faltam algumas medidas operacionais, dentre as quais se destaca, no âmbito do sistema Confea-Creas, as que se relacionam com a recente alteração da sistemática de atribuições de títulos profissionais, competências e atividades relativas ao exercício da profissão, em conexão com as recentes alterações no sistema educacional, sobretudo a substituição dos currículos mínimos específicos dos cursos de formação pelas diretrizes curriculares, muito mais genéricas. Entendemos que a operacionalização dessa alteração deveria contar com participação maior do setor empresarial, o que pode ser conseguido, particularmente, mediante atuações específicas do Sistema S nos sistemas educacional e profissional, com destaque para o Instituto Euvaldo Lodi, que é a entidade do sistema que visa precipuamente à integração empresa-escola.

Essa integração – desafio grande, mas não insolúvel – permitirá considerável aperfeiçoamento nos atuais processos de registro e concessão de atribuições profissionais, em função dos diversificados perfis profissionais que poderão decorrer das diretrizes curriculares estabelecidas para os cursos de formação. Para isso, é essencial que a integração dos dois sistemas se dê tendo o setor empresarial como importante partícipe.

Em síntese, para acompanhar a evolução ocorrida no sistema educacional, o sistema profissional deve passar de um esquema de correlações biunívocas e rígidas, geralmente alheio à participação do setor empresarial, para um esquema matricial flexível, que permita acompanhar as demandas tecnológicas e sociais, mediante concessões de atribuições gradativas para o exercício profissional, superando, cada vez mais, os tradicionais problemas de rigidez para a concessão de atribuições para o exercício profissional.

Essa integração entre o sistema educacional e profissional, com a imprescindível e efetiva participação do setor empresarial exigirá maior dinamismo por parte das câmaras especializadas dos conselhos regionais, as quais deverão assumir a tarefa de analisar criticamente os históricos escolares e perfis profissionais dos candidatos ao registro, bem como os projetos pedagógicos dos cursos de formação, em cumprimento ao artigo 10 da Lei 5.194/66. Pela complexidade da tarefa, convém a participação do setor empresarial, oferecendo assessoramento *ad hoc* para as análises críticas.

Desse processo decorrerão as concessões iniciais de atribuições e uma realimentação positiva do sistema educacional no que tange aos seus conteúdos, favorecendo o aprimoramento do processo de ensino/aprendizagem em função das exigências dos próprios estudantes. Essa integração dos sistemas educacional e profissional com a participação ativa do setor empresarial deverá ter em vista uma política nacional de formação de recursos humanos para o desenvolvimento do País. Essa mesma política, por sua vez, deverá ser formulada em íntima conexão com os sistemas educacional e profissional e a área empresarial.

Para tornar possível este processo, alguns tópicos são prioritários para o debate:

- 1) A partir do cenário atual, como harmonizar os sistemas educacional e profissional levando em conta as tendências à flexibilização e desregulamentação que vem se verificando em diferentes setores da sociedade, particularmente no âmbito educacional com a introdução das diretrizes curriculares?
- 2) Como garantir que esta integração dos dois sistemas com a participação do setor empresarial possa atender aos planos governamentais de desenvolvimento agrícola, industrial, tecnológico e científico, às exigências da inserção internacional do País e às necessidades sociais?
- 3) No atual quadro legal, quais medidas poderiam ser tomadas de imediato para aprimorar a inter-relação entre os sistemas educacional e profissional na área das profissões abrangidas pelo sistema Confea-Creas?
- 4) Quais medidas operacionais adicionais deveriam ser disciplinadas pelos órgãos dos sistemas educacional e profissional para favorecer essa integração mútua com a participação empresarial?
- 5) Particularmente, como conseguir maior aproximação com as instituições de educação superior que detêm autonomia para a criação de cursos?
- 6) Quais parâmetros deveriam ser estabelecidos para a participação do setor empresarial na integração entre os sistemas educacional e profissional com vistas à operacionalização da criação de novos cursos com denominações não tradicionais, com caráter interdisciplinar ou com cargas horárias e duração adequados para proporcionar atribuição de competências que atendam às necessidades do setor empresarial a curto e médio prazos?
- 7) Quais os papéis específicos que a rede de estabelecimentos do Sistema S poderá desempenhar na integração efetiva dos sistemas educacional e profissional?

OS QUADROS COMPLEMENTARES: TÉCNICOS E TECNÓLOGOS

Nacim Chieco*

Os engenheiros são profissionais absolutamente essenciais para o desenvolvimento econômico sustentável do país. A indústria, em particular, precisa permanentemente de engenheiros capazes de contribuir, de forma competente e sistemática, para a produtividade, a inovação, a competitividade e o crescimento.

O esforço, materializado de modernizar as engenharias no País – materializado no I-nova Engenharia – relaciona-se com sanar o distanciamento que hoje existe entre as instituições de educação superior dessa área e os setores produtivos empresariais, alinhando a formação dos profissionais com as necessidades do mercado presente e futuro, dentro de uma visão prospectiva.

Nesse quadro, porém, é preciso considerar a presença e o papel essencial dos profissionais que exercem funções complementares às dos engenheiros, que são os técnicos de nível médio e os tecnólogos.

No Brasil, a presença desses profissionais torna-se imperiosa, sobretudo, com os processos de urbanização e industrialização a partir da primeira metade do século XX. Embora as primeiras escolas de engenharia tenham surgido em fins do século XIX – com foco na construção civil, mineração e ferrovias –, no que diz respeito à qualificação profissional dos trabalhadores do chamado “chão de fábrica”, só no início do século XX é que houve um processo gradual de sistematização e de atenção do poder público.

Foi então que surgiram as primeiras escolas de aprendizes e artífices, precursoras das futuras escolas técnicas federais na década de 40 que, na década de 70, deram origem aos centros federais de educação tecnológica e, recentemente, à Universidade Federal Tecnológica do Paraná. Em São Paulo, as primeiras faculdades de tecnologia foram criadas no fim dos anos 60 por iniciativa do governo do estado, com a criação do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza.

Desde a década de 40, entretanto, a indústria em expansão requeria um mecanismo ágil para capacitar seus trabalhadores. Assim, em 1942, foi criado por decreto-lei o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Organizado e dirigido por entidades empresariais, o SENAI desempenharia papel crucial na educação profissional do Brasil.

Essa evolução reflete uma gradual especialização que, em linhas gerais, pode ser assim resumida:

- ◆ os engenheiros, predominantemente, nas funções de planejamento, projeto, direção, inovação, qualidade e produtividade;
- ◆ os técnicos apoiando os engenheiros nas funções de desenho de projetos, assistência técnica e manutenção. Os mais experientes assumem liderança de equipes de produção, manutenção e assistência técnica;
- ◆ os tecnólogos, em fase mais avançada da produção de bens e de serviços, exercem funções de gestão, supervisão e constante melhoria dos processos produtivos. São, também, responsáveis pela introdução de inovações tecnológicas garantidoras da competitividade das organizações.

* Consultor do SENAI

Enquanto a demanda e a oferta de técnicos de nível médio são vistas com naturalidade, como complementares aos engenheiros, a presença dos tecnólogos vem encontrando obstáculos. Embora respondam a reais demandas por profissionais mais afeitos aos problemas práticos e operacionais, formados em tempo mais curto, as corporações, os conselhos profissionais e as próprias instituições de ensino resistem em reconhecer o papel e a importância do tecnólogo no processo produtivo, em espaço definido e necessário de atuação.

Contribuem para essas incompreensões as anomalias do mercado de trabalho, sobretudo em fases de baixo crescimento, quando engenheiros chegam a ocupar posições e aceitar salários de tecnólogos ou técnicos. Isso, entretanto, não deve cercear a evolução da estrutura ocupacional do País.

Uma das principais fontes para análise da situação do mercado de trabalho no Brasil é a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho e Emprego, apesar de suas limitações e mudanças de critérios que comprometem as comparações. Por exemplo, até 2004, não há registro referente a tecnólogos que, supostamente, estariam enquadrados como técnicos.

Tabela 1. Técnicos e engenheiros empregados por Grande Setor 2004

SUBGRUPO OCUPACIONAL	Indústria	Cons.Civ	Comércio	Serviços	Agropec	TOTAL
Engenheiros, arquitetos e afins	51.809	18.435	5.517	51.966	432	128.159
Técnicos mecatrônicos e eletromecânicos	2.555	117	1.068	842	17	4.599
Técnicos em laboratório	10.925	565	791	5.264	183	17.728
Técnico em ciências físicas e químicas	26.489	753	4.129	12.866	313	44.550
Técnicos em construção civil, de edificações e obras de infraestrutura	5.854	7.793	568	12.873	119	27.207
Técnicos em eletroeletrônica e fotônica	44.681	8.558	31.948	53.805	292	139.284
Técnicos em metalmeccânica	21.283	1.439	6.022	9.333	66	38.143
Técnicos em mineralogia e geologia	1.848	49	51	959	3	2.910
Técnicos em informática	10.921	850	13.168	90.435	330	115.704
Desenhistas técnicos e modelistas	20.377	2.547	3.647	13.229	70	39.870
Outros técnicos de nível médio das ciências físicas, químicas, engenharias	182	10	42	63	1	298
Técnicos em transportes (logística)	5.956	484	6.542	36.625	217	49.824
Técnicos em operação de emissoras de rádio, sistemas de televisão e...	969	150	535	12.085	4	13.743
Técnicos de nível médio em operações industriais	73.443	1.670	7.358	27.684	659	110.814
Técnicos de apoio em pesquisa e desenvolvimento	2.162	74	186	5.996	114	8.532
TOTAL	279.454	43.494	81.572	334.025	2.820	741.365

Fonte: RAIS 2004

Segundo a RAIS, em 2004, a indústria contava com 227.645 técnicos e 51.809 engenheiros, ou seja, havia 4,3 técnicos por engenheiro. No conjunto da economia, a proporção era de 4,7 por um. Essa relação vem apresentando uma relativa estabilidade, com variação mais acentuada a partir de 2003,

provavelmente por conta de mudanças nos critérios da RAIS. Assim, em 2001, a relação de técnicos por engenheiro na indústria era de 3,6 e no País de 3,0; em 2002, era de 3,7 e 3,2, respectivamente; e em 2003, de 4,4 e 4,8.

A tendência atual é a de que o mercado empregue entre 4 e 5 técnicos para cada engenheiro, dado importante para o planejamento da oferta de formação no País, sobre a qual, aliás, não existem dados estatísticos sistemáticos, padronizados e globais. A principal fonte é o MEC/INEP, que realizou um censo da educação profissional em 1999. A situação da educação técnica então era a seguinte:

Tabela 2. Educação profissional de nível médio - Brasil

	CONCLUINTEs 1999*	MATRÍCULAS 1999*	MATRÍCULAS 2005**
TOTAL	91.358	716.652	707.263
Federal	8.821	101.001	83.762
Estadual	37.339	265.772	188.042
Municipal	5.103	37.150	23.545
Privada Total	40.095	312.729	411.914
Sistema S***	7.972	48.296	—

Fonte: MEC/INEP / *Censo da Educação Profissional 1999, **Censo Escolar 2005, ***está englobado em privada total)

Como os dados referem-se ao 1º semestre e a maioria dos cursos é semestral, estimamos que, no ano de 1999, os concluintes foram 180 mil e as matrículas, 806 mil, computadas as vagas abertas pelos concluintes do 2º semestre. Em 2005, o censo escolar mostra uma queda de 1,2% no número de matrículas em cursos técnicos, na comparação com 1999.

Um estudo recente de Jaime Giolo mostra o crescimento da oferta de cursos superiores de tecnologia no Brasil no período 1994-2004, sobretudo no setor privado, evidenciando a demanda por esses profissionais. O constante declínio da relação candidato / vaga observado no estudo, porém, indica que a oferta encontra-se quase no limite da demanda.

Em resumo, estima-se que as escolas colocam anualmente no mercado cerca de 20 mil novos engenheiros, 180 mil técnicos e 25 mil tecnólogos. Quanto à qualidade, representada pela relação entre os perfis demandados e os dos formandos, o País precisa avançar muito na cultura da avaliação e no estreitamento de relações entre os setores produtivos e as instituições de ensino.

Tabela 3. Evolução dos cursos de tecnologia de nível superior Brasil

ANO	MATRÍCULAS	CONCLUINTEs
1994	57.816	7.896
1995	56.291	8.776
1996	65.215	9.583
1998	56.822	10.999
1999	58.243	10.674
2000	63.046	10.835
2001	69.797	11.629
2002	81.348	12.673
2003	114.770	12.601
2004	153.307	26.240

Fonte: MEC/INEP/DEAES (Não há dados de 1997)

Pode parecer que a oferta de cursos técnicos esteja superdimensionada, mas é preciso considerar que, além de mão-de-obra para as empresas, estes cursos formam cidadãos para o trabalho em geral, para o empreendedorismo e para prosseguimento de estudos em nível superior.

Na educação técnica e tecnológica, destacam-se algumas redes e instituições como a rede federal, o Sistema S e algumas redes estaduais como a Paula Souza de São Paulo.

O SENAI, vinculado ao Sistema Indústria, foi criado em 1942 para atender às demandas de aprendizagem, qualificação inicial e aperfeiçoamento de jovens e adultos trabalhadores industriais. Essa missão vem sendo cumprida com competência e responsabilidade, graças, sobretudo, ao vínculo permanente entre as empresas e as escolas e à flexibilidade estrutural de oferta de cursos e programas.

Por isso, o SENAI evoluiu em função da demanda, diversificando e ampliando sua oferta de cursos para outros níveis, sobretudo em áreas em que o atendimento público ou privado tem sido insatisfatório. O primeiro curso técnico de nível médio do SENAI foi criado na década de 50, na área têxtil, no Rio de Janeiro.

Desde então, pelo País todo, vários cursos foram criados nas áreas de cerâmica, fundição, curtimento, calçados, artes gráficas, plásticos, mecânica e, mais recentemente, instrumentação, processos industriais, mecatrônica e outros. A partir da década de 90, a mesma demanda inadequadamente atendida faz com que o SENAI passe a oferecer também cursos superiores de tecnologia.

Tabela 4. SENAI: matrículas por modalidade e área em 2005

ÁREA	Formação de Tecnólogo	Graduação	Pós-graduação	TOTAL
Alimentos e Bebidas	170			170
Automação	710		72	782
Automotiva	121		33	154
Couro e Calçados	103			103
Educação	84		220	304
Eletroeletrônica	664		303	967
Gestão	188		320	508
Gráfica e Editorial	363		29	392
Madeira e Mobiliário	155			155
Meio Ambiente	350	282	170	802
Metal-mecânica	1.335		33	1.368
Petróleo e Gás			130	130
Polímeros	24			24
Tecnologia da Informação	213			213
Telecomunicações	41			41
Têxtil e Vestuário	729	601	31	1.361
Outras	893		318	1.211
TOTAL DE MATRÍCULAS	6.143	883	1.659	8.685

Fonte: SENAI-DN/UNIPAD - Sistema de Controle da Produção

Tabela 5. SENAI: número de formandos em algumas modalidades

MODALIDADE	2001	2002	2003	2004	2005
Curso Técnico profissionalizante de nível médio	11.147	12.344	15.054	10.634	12.555
Graduação em tecnologia	129	139	327	171	360

Fonte: SENAI/DV - SCOP

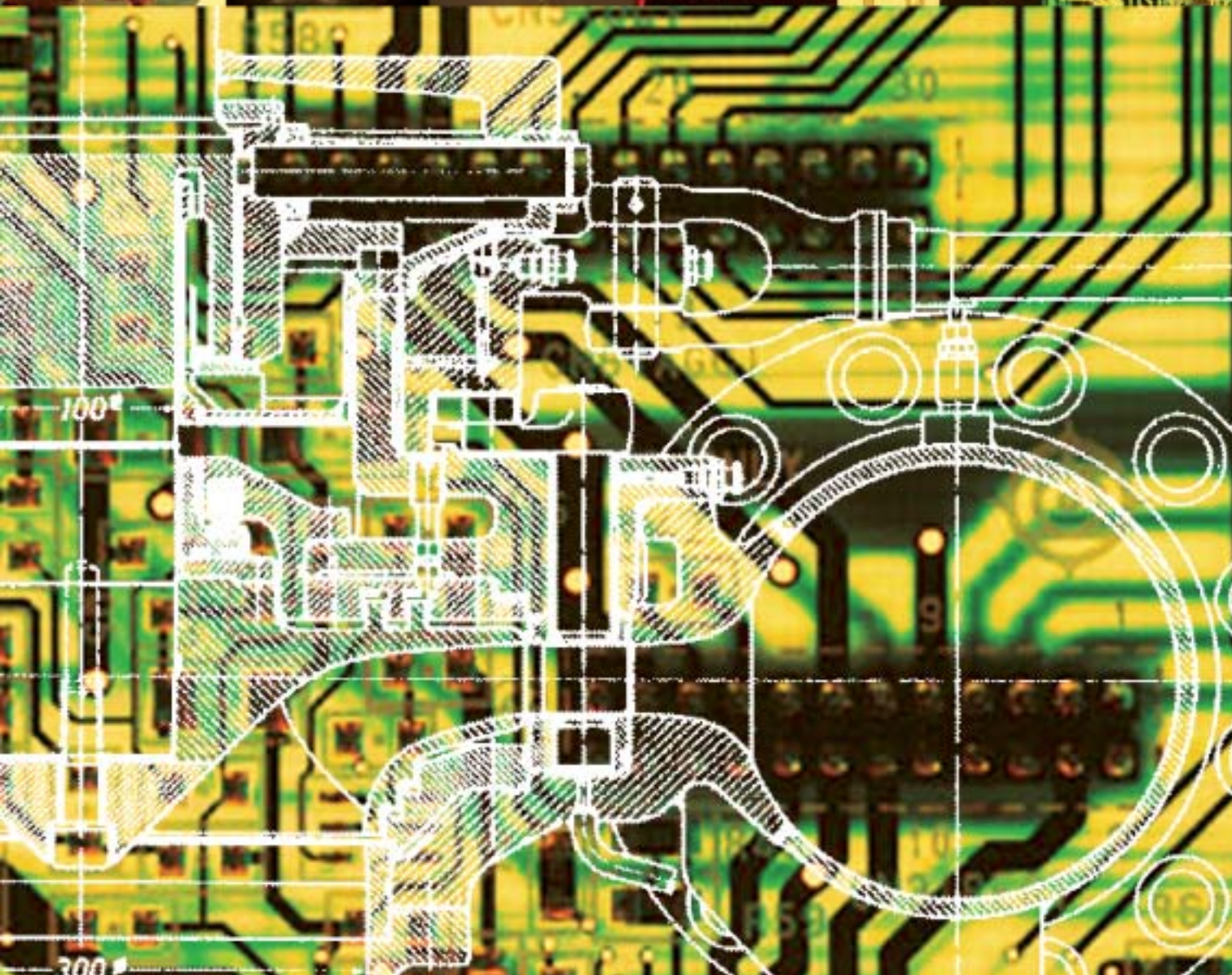
Tabela 6. SENAI: evolução das matrículas por modalidade

ANO	2001	2002	2003	2004	2005
Graduação tecnológica	1.996	3.021	4.352	5.054	6.143
Curso técnico de Nível Médio	37.242	43.385	46.277	48.827	52.578
Aprendizagem Industrial	37.454	43.396	58.396	73.268	79.679
Especialização e Iniciação Profissional	1.746.928	1.446.119	1.324.379	1.246.031	1.555.154
Qualificação Profissional	463.855	509.256	484.959	612.005	636.365
TOTAL	2.287.475	2.045.177	1.918.363	1.985.185	2.329.919

Fonte: Departamentos Regionais do SENAI



Casos de **SUCESSO**



Casos de sucesso

Neste anexo, apresentamos diversos casos de sucesso que mostram como a educação e a pesquisa em engenharia no Brasil foram capazes de produzir tecnologia e recursos humanos de primeira linha, que impulsionaram o desenvolvimento econômico sempre que foi possível integrar academia e empresa.

PETROBRAS: A TECNOLOGIA É NOSSA

Cláudia Izique

Em 1953, o presidente Getúlio Vargas estabelecia o monopólio da União sobre a indústria do petróleo. Em 1954, nascia a Petrobras, herdando do Conselho Nacional do Petróleo, um conjunto de refinarias capaz de processar dez mil barris por dia. Hoje líder mundial em tecnologias para exploração em águas profundas, a companhia deverá produzir este ano uma média de 1,9 milhão de barris ao dia, e anunciar a auto-suficiência do País na área. O sucesso da Petrobras é a vitória da pesquisa e do desenvolvimento (P&D) da engenharia nacional e da sólida articulação de uma grande empresa com um conjunto de universidades e uma rede de fornecedores.

“Quando a Petrobras começou, não havia conhecimento na área, foi preciso contratar especialistas norte-americanos para ensinar os profissionais brasileiros”, conta Antonio Sérgio Pizarro Fragomeni, engenheiro sênior de equipamento e ex-superintendente do Centro de Pesquisas (Cenpes) da Petrobras.

Foi na década de 70, com a descoberta da Bacia de Campos, a 120 metros de profundidade, que a empresa começou a investir em P&D de processos e equipamentos para produção de petróleo em bacias *offshore*. A motivação era forte: explorar em águas profundas era a única possibilidade de aumentar a produção e não existia no mundo tecnologia para isso.

Em 1986, a empresa iniciou um programa para se capacitar tecnologicamente para a exploração em até mil metros. Em 1993, a meta passou para dois mil metros e, no ano passado, começou um programa para viabilizar a produção dos campos gigantes de Marlim Leste e Albacora Leste, localizados em profundidade de até três mil metros. Setenta e dois por cento das reservas de petróleo do Brasil estão em águas profundas.

Os engenheiros responsáveis pelo desenvolvimento das tecnologias que fizeram da Petrobras a 12ª maior companhia de petróleo do mundo; foram treinados pela própria empresa. Os primeiros cursos eram de refino, mas aos poucos surgiram também de processamento, equipamentos e produção de petróleo, etc., com níveis crescentes de especialização. Os cursos evoluíram junto com a tecnologia que a empresa desenvolvia.

Os alunos eram selecionados em concursos nacionais disputadíssimos. “Eram três mil candidatos para quarenta vagas”, lembra Fragomeni, que ingressou na empresa em 1969. Os aprovados eram admitidos como estagiários, embora com salário de engenheiro e direitos trabalhistas. No fim do curso, uma nova avaliação e os quase 90% de aprovados eram contratados com o compromisso de ficar ao menos dois anos na empresa.

Nos anos 80, para reduzir custos, a Petrobras transferiu o treinamento para universidades federais. As escolas selecionavam estudantes do 5º ano de engenharia de todo o País e os admitia como alunos, com direito a bolsa patrocinada pela Petrobras. “O treinamento é crucial porque a exploração do petróleo é uma atividade muito específica em equipamentos, normas técnicas, coisas que não se aprende na faculdade”, justifica Fragomeni.

A parceria com a Petrobras contribuiu para melhorar o padrão de ensino das universidades. Fragomeni lembra que, no início, os selecionados eram majoritariamente da Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) ou do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Com o tempo, porém, estimuladas pela demanda por engenheiros nas regiões onde a empresa mantém poços, as universidades do Nordeste melhoraram e adaptaram o foco de seus cursos, ampliando sua participação no quadro de engenheiros da empresa. A Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA), por exemplo, criou o curso de Engenharia de Minas e Petróleo, onde hoje profissionais da Petrobras também ministram aulas.

Esse sistema vigorou até meados dos anos 80, quando o governo federal proibiu a Petrobras de contratar funcionários e de investir em bolsas de treinamento. As contratações e os cursos só foram retomados há seis anos, agora sob responsabilidade da Universidade Petrobras. Criada em 2001 para desenvolver os recursos humanos da empresa, essa instituição corporativa oferece seminários, cursos de formação e aperfeiçoamento de nível técnico e superior – incluindo mestrados e doutorados em parceria com dezenas de universidades. Quando contrata os cursos, a Petrobras financia laboratórios, contratação de professores e compra de materiais que ficam incorporados ao acervo de pesquisa da instituição.

O contrato mais antigo é de 1981, com a Universidade Federal da Bahia, para a implantação de mestrado e doutorado em geofísica. A Petrobras equipou então a UFBA com computadores de grande porte para fazer a radiografia digital do solo. A parceria com a Universidade Federal de Ouro Preto começou em 1983, com mestrados nas áreas de reservatório de petróleo, geologia estrutural e análise de bacias. Com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), foram estruturados mestrado e doutorado em estratigrafia – área que estuda a disposição das camadas geológicas –, que já formaram noventa pessoas da Petrobras.

A universidade tem 60 professores que são funcionários da empresa dedicados somente a isso, 300 professores-colaboradores (funcionários que lecionam paralelamente a outras atividades) e 600 professores contratados no âmbito de parcerias firmadas com universidades brasileiras. Em 2005, 34 mil alunos-funcionários passaram pelos cursos da Universidade Petrobras, que tem dois *campi* – um no Rio de

Janeiro e outro em Salvador, onde funciona uma sonda-escola para o treinamento em prospecção de petróleo –, além de um extenso programa de cursos a distância.

Atualmente, a Petrobras mantém centenas de parcerias, tanto para pesquisa como para formação de recursos humanos. Só na área de pesquisa, são 420 contratos com 79 universidades e institutos de pesquisas, no valor de R\$ 150 milhões. As federais do Rio de Janeiro (UFRJ) e Fluminense (UFF), por exemplo, oferecem mestrado em responsabilidade social.

Já com a Universidade Federal de Santa Catarina, a empresa mantém, desde 1997, convênios para a capacitação a distância de engenheiros e técnicos. Mil funcionários de vários estados, inclusive alocados em plataformas, já se formaram nesses cursos. Com a Universidade Federal do Rio Grande do Norte, a Petrobras desenvolve vários projetos de pesquisa na área de prospecção e exploração do petróleo, além de cursos de Geologia, Geofísica, Informática, Direito do Petróleo, Engenharia de Processo, entre outros.

A parceria com a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), uma das mais vigorosas, começou em 1987, com um mestrado em Engenharia de Petróleo e a criação do Centro de Estudos de Petróleo (Cepetro) e do Departamento de Engenharia de Petróleo. Também para atender à demanda da Petrobras, a Unicamp criou, três anos depois, o Programa de Mestrado em Geo-Engenharia de Reservatórios de Petróleo, no Instituto de Geociências.

“A empresa precisava de engenheiros com conhecimentos de geologia, um erro num poço de petróleo pode causar prejuízos de até US\$ 22 milhões”, afirma Saul Suslick, diretor do Cepetro.

Em 1993, o Cepetro criou o programa de doutorado em Engenharia de Petróleo. Simultaneamente, deu início a parcerias com a Petrobras para desenvolver pesquisas focadas na solução de problemas da empresa. Os projetos mobilizavam alunos do Cepetro e, muitas vezes, acabavam objeto de seus trabalhos de mestrado ou doutorado.

“É uma relação proveitosa para todos. O setor produtivo traz o problema que gera um projeto de pesquisa e exige o treinamento do aluno para ser resolvido, o que coloca novos desafios para a universidade”, avalia Suslick.

Os alunos utilizam, por exemplo, modelos geológicos que reproduzem virtualmente um campo de petróleo real da Petrobras. O modelo foi referência para a pesquisa de mestrado do engenheiro Marcelo Madeira, que teve como tema o risco na exploração do campo de petróleo. Concluído o mestrado, Madeira foi contratado, no âmbito da parceria com a Unicamp, para prestar serviços nos campos de petróleo da empresa em Aracaju, Sergipe. O Cepetro já formou 270 engenheiros da Petrobras nos seus cursos de mestrado e doutorado, que hoje têm mais de 300 alunos entre os funcionários e prestadores de serviços para a Petrobras e de outras empresas.

Na área de projetos de pesquisa, outro grande parceiro da Petrobras é a Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia (Coppe), da UFRJ, com quem a empresa já desenvolveu dois mil

projetos conjuntos (ver matéria sobre a Coppe). “As parcerias reduzem os custos das inovações e evitam que a empresa precise contratar tantos especialistas”, justifica Fragomeni.

O número de convênios de pesquisa com universidades cresceu muito depois do governo Collor, quando o País começou a importar tecnologia e o Cenpes passou a ser considerado “despesa a fundo perdido”. O centro, então, decidiu medir seus custos e compará-los com os benefícios.

“Constatamos que para cada real investido em P&D, a empresa obtinha cinco. Hoje, esta relação é de um para oito”, afirma. A Petrobras investe algo em torno de US\$ 250 milhões anualmente em P&D, o que representa 0,7% do seu faturamento. “É um dos maiores investimentos em inovação em todo o País”, diz André Tosi Furtado, do Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Unicamp.

A partir dos anos 90, várias medidas permitiram ampliar os investimentos em pesquisa no setor de petróleo. Uma delas veio com privatização: os *royalties* da exploração de petróleo, que eram de 5% sobre o valor da produção, passaram para um percentual entre 5% e 10%, ficando, em média, em 8%. Desta diferença de 3 pontos percentuais, 25% passou a ser destinado à pesquisa no setor por meio do CT-Petro, um dos Fundos Setoriais criados na gestão Fernando Henrique para financiar P&D.

A pesquisa também se beneficiou do contrato de concessão assinado pela Petrobras com a Agência Nacional do Petróleo (ANP), que determina que a empresa invista em P&D 1% do valor pago ao Tesouro Nacional, metade internamente e metade em parceiros externos. Um grupo de especialistas da Petrobras visita regularmente as melhores universidades do País para apresentar as demandas da empresa, estimulando a formação de núcleos de pesquisa nas áreas de seu interesse.

Ao longo de seus mais de 50 anos de história, a Petrobras promoveu também uma espécie de efeito de arraste em outros setores da indústria nacional. A companhia faz encomendas às empresas de engenharia, que ficam responsáveis por absorver as novas tecnologias de acordo com suas demandas e especificações. “A Petrobras prefere que a tecnologia se difunda para não ficar na mão de um fabricante só”, explica Furtado.

Desde o início, a empresa optou por concentrar as encomendas no País. “Mais de 90% das compras eram feitas no Brasil. Os equipamentos para petróleo, no entanto, são altamente especializados e foi preciso estimular as empresas nacionais a se aparelharem para produzirem aqui”, conta Fragomeni. Para operar no padrão exigido pela Petrobras, os fornecedores tiveram que trabalhar com profissionais qualificados. Muitas até contrataram técnicos e tecnologia estrangeira, ele lembra, até que a oferta de competência no mercado nacional garantisse a qualidade.

A Petrobras manteve-se fiel aos fornecedores brasileiros mesmo quando o preço do produto nacional era até três vezes superior ao do importado. Com isso, desde 2000, sublinha Fragomeni, cada vez mais empresas fornecedoras têm ampliado seus investimentos em P&D para atender às demandas da Petrobras.

EMBRAPA: EXCELÊNCIA EM DESENVOLVER E TRANSFERIR TECNOLOGIA

Cláudia Izique

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) é um bom exemplo de como políticas e investimentos públicos planejados podem aumentar a produtividade e a competitividade do País, impulsionar o desenvolvimento econômico, converter pesquisa em inovação e ainda criar novos padrões para a formação de recursos humanos.

A Embrapa foi criada em 1973 com a missão de dar amplitude nacional à pesquisa agropecuária e explorar novas fronteiras agrícolas. O Brasil vivia então um extraordinário ciclo de crescimento, mas a produtividade das lavouras estava próxima de seu limite. A pressão do consumo exigiu mudanças na política de produção agrícola. “Não adiantava importar técnicas e sementes de outros países”, lembra Aluísio Borem, professor da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e presidente da Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas – Regional Minas Gerais. Era preciso criar uma tecnologia nacional para o campo.

A tarefa coube à Embrapa que incorporou o antigo Departamento Nacional de Pesquisa e Experimentação (DNPEA) e pouco mais de oitocentos pesquisadores – a maioria deles engenheiros agrônomos, sendo duzentos mestres e cerca de dez doutores, alguns graduados no exterior.

A empresa apostou que o sucesso da pesquisa dependia da qualificação de sua equipe. Até 1990, os concursos da Embrapa exigiam candidatos apenas com graduação, o que, apesar de credenciá-los para o emprego, não os qualificava para a pesquisa.

“A pesquisa é essencialmente trans-disciplinar, exige integração de diversas áreas. Na engenharia, no entanto, o foco é disperso. As escolas são fortes em Engenharia Agrônômica, Florestal e na Zootecnia, mas falta-lhes uma maior integração das disciplinas, tudo é muito compartimentado”, explica Carlos Eduardo Lazarini da Fonseca, superintendente de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa.

Para suprir esse déficit, a Embrapa investiu algo em torno de US\$ 150 mil para formar cada um dos seus mais de 2.200 pesquisadores: 200 pós-doutores, 1.200 doutores e 900 mestres. Com esses recursos financiou cursos de qualificação no Brasil e no exterior, treinando-os para o padrão de P&D que faz da empresa a maior instituição de pesquisa agropecuária do hemisfério sul. Formou assim uma equipe de excelência, que publica uma quantidade considerável de artigos científicos em periódicos indexados no mundo todo.

Mas, além de investir na excelência científica, a Embrapa tinha ainda outro desafio: construir um modelo de relacionamento com a sociedade que permitisse que a inovação chegasse aos produtores rurais. A empresa definiu política de transferência de tecnologia e criou estruturas específicas para se relacionar com os diversos segmentos de produtores e parceiros, em cada um de seus 37 centros de pesquisas.

Para os pequenos produtores, a Embrapa disponibiliza 31 produtos tecnológicos e gerenciais. Cada produtor recebe, por exemplo, uma quantidade determinada de sementes para serem multiplicadas no campo e utilizadas na safra posterior. Para os demais setores do mercado, a Embrapa adota política de negócios tecnológicos por meio de parcerias com instituições públicas, associação de produtores e empresas privadas. Mantém contratos de licenciamento de 224 cultivares protegidos e de cooperação técnica com fundações de produtores e empresas privadas, como a Monsanto, por exemplo.

A relação com os parceiros é pautada por uma política clara de proteção do conhecimento gerado nas mais de 500 linhas de pesquisa. A Embrapa coleciona 129 patentes, 89 delas depositadas no exterior. O repasse da tecnologia é feito por meio de licença de uso com exclusividade para a exploração comercial por um período de oito a dez anos, mediante pagamento de *royalties*.

“O principal negócio tecnológico da Embrapa é o melhoramento genético de sementes”, sublinha José Roberto Rodrigues Peres, gerente-geral da Embrapa Transferência de Tecnologia. Já foram firmados 1.400 contratos de transferência de tecnologia que incluem a capacitação para o manejo. Em 2005, os negócios tecnológicos da Embrapa geraram receita de R\$ 55 milhões.

Em 2003, a Embrapa iniciou a implantação do Programa de Apoio ao Desenvolvimento de Novas Empresas de Base Tecnológica Agropecuária e à Transferência de Tecnologia (Proeta), que vai funcionar como uma espécie de incubadora de empresas de tecnologia agropecuária.

As tecnologias geradas pela Embrapa mudaram a agricultura brasileira. O Brasil é o segundo maior produtor e exportador mundial de soja em grão, em farelo ou óleo; é o terceiro maior produtor de cacau, algodão e milho; está em terceiro lugar no *ranking* dos produtores de frango e possui o maior rebanho comercial de bovinos do planeta. Os resultados obtidos com a pesquisa criaram uma espécie de padrão de qualidade para a produção agrícola nacional que multiplicou a demanda por tecnologias, propiciando mercado para o surgimento de centenas de empresas dedicadas a fazer P&D para aprimorar a qualidade do produto.

É o caso da Bio Soja Indústrias Químicas e Biológicas Ltda, instalada em São Joaquim da Barra, no interior do estado de São Paulo. A empresa produz fertilizantes foliares para pulverização e inoculantes para leguminosas que evitam a adubação química. Possui doze funcionários, quatro deles envolvidos em atividades de P&D, e emprega anualmente cerca de vinte estagiários das universidades da região. “Nos últimos cinco anos, crescemos a uma média de 35% ao ano”, diz Ely Sidney Lopes, engenheiro agrônomo doutorado, responsável pela gestão de Produção, Pesquisa e Desenvolvimento.

Além de abrir novos mercados para as empresas, a Embrapa criou demandas também para as universidades. A UFV, em Minas Gerais, por exemplo, adequou currículos e criou os cursos de Gestão de Agronegócios, Agricultura de Precisão, Biossegurança e Biotecnologia, em nível de graduação e pós-graduação, para atender a novas demandas do mercado desbravado pela Embrapa, de acordo com Aluizio Borem.

O avanço das novas tecnologias e do agronegócio no País exige que as universidades reavaliem seus currículos. A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq), da USP, por exemplo, iniciou, no final de 2003, um debate sobre o perfil do profissional do “início do século XXI”.

“As tecnologias mudam muito rapidamente”, justifica José Roberto Parra, diretor da Esalq. O debate concluiu que o engenheiro agrônomo tem que estar preparado para atuar em áreas que vão desde o agronegócio até a agricultura familiar; deve ter sua formação articulada com o desenvolvimento regional; e estar qualificado para atuar nas novas fronteiras do conhecimento. A intenção da universidade é, paulatinamente, adequar os cursos para as novas exigências do mercado.

Hoje, a própria Embrapa se beneficia da modernização dos cursos ministrados pelas principais universidades. A empresa está contratando 247 novos pesquisadores em seu primeiro concurso que exige nível de doutorado dos candidatos. “Atualmente, o Brasil forma oito mil doutores por ano. Não teria sentido a Embrapa continuar financiando a formação de seus quadros. Seria um desperdício de recursos públicos”, afirma José Prado, chefe da área de Gestão de Pessoas.

Os doutores vão reforçar as equipes que já atuam em áreas de fronteira do conhecimento, como a de nanotecnologia, produção de biomassa, biologia avançada, proteômica, genômica estrutural e funcional, biossegurança, bioinformática, entre outras. Muitos deles participarão de alguma das treze redes multidisciplinares criadas pela Embrapa, integrando pesquisadores de instituições públicas e privadas de todo o País e do exterior.

O trabalho em rede permite o compartilhamento de experiência e da infra-estrutura dos laboratórios. Treze destas redes já estão funcionando, articuladas em torno de projetos com foco comum, sempre voltados à solução de problemas de interesse nacional. É o caso da Pró-Ambiente, que aglutina instituições internacionais na investigação das mudanças climáticas globais, e da Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma do Eucalyptus (Genolyptus), que tem apoio de empresas privadas do setor de papel e celulose. A Embrapa assim inicia um novo ciclo, de olho nas tecnologias do futuro.

BRASIL CONSTRÓI A QUARTA MAIOR INDÚSTRIA AERONÁUTICA DO MUNDO

Cláudia Izique

A Embraer é o resultado de um dos mais competentes planos estratégicos de longo prazo jamais concebido no Brasil. O objetivo era criar capacitação tecnológica e industrial para fabricar aviões e constituir uma sólida base educacional e científica na área de Engenharia Aeronáutica. Resultou na criação do ITA, do Centro Técnico Aeroespacial (CTA) e daquela que se tornaria a quarta maior indústria aeronáutica do mundo.

O plano começou a ser arquitetado no início da década de 40, com a criação do Ministério da Aeronáutica que integrou a infra-estrutura da aviação civil e militar. Lançavam-se assim as bases para a implantação definitiva de uma indústria aeronáutica brasileira e para institucionalização da pesquisa com vistas ao desenvolvimento tecnológico.

A prioridade era a formação de recursos humanos de alto nível. O primeiro passo foi criar, em 1950, o ITA, uma escola de engenharia para formar técnicos de excelência. “Quando a escola surgiu, o Brasil ainda importava arados e bicicletas”, sublinha o reitor do ITA, Reginaldo Santos.

O ITA reproduziu, por meio de convênio, o modelo de educação em engenharia utilizado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e pelo *California Institute of Technology* (Caltech): adotou a estruturação técnica departamental, com cursos semestrais, em vez do sistema de cátedra utilizado por universidades brasileiras.

“Na cátedra, a disciplina tem um dono, o que engessa o sistema”, comenta Alberto Adade Filho, diretor de ensino do ITA. “Se o professor não se atualiza, o curso fica obsoleto, o que é particularmente grave no ensino tecnológico”. Hoje, o sistema departamental é utilizado pela grande maioria das universidades.

Outra inovação do ITA foi a contratação de docentes em tempo integral e regime de dedicação exclusiva. “Para ensinar, o professor tinha que pesquisar e fazer carreira acadêmica que incluía o mestrado e o doutorado”, diz Adade Filho. O curso é gratuito, com aulas práticas em laboratórios. Os alunos moram dentro do *campus* e contam com bolsas de estudo pagas pela escola.

O ITA inovou o ensino superior no País. Em 1951, instituiu o primeiro curso de Engenharia Eletrônica e, dez anos depois, já organizava o seu curso de pós-graduação. “Formou os engenheiros que deram início a Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. (Embraer) e ainda hoje é a principal escola onde a empresa busca competência para seus programas de formação de recursos humanos e de inovação tecnológica”, diz Santos.

O ITA forma 120 engenheiros por ano, em cinco especialidades: aeronáutica, infra-estrutura aeronáutica, mecânica aeronáutica, eletrônica e computação. “Estamos estudando a possibilidade de criar cursos também de Engenharia Espacial e de Engenharia Física”, conta o reitor. Seus alunos nunca têm dificuldades para se colocar no mercado.

Os grandes contratadores são as indústrias aeronáutica espacial e eletrônica, assim como as empresas de tecnologia da informação e de consultoria. A escola não tem planos de ampliar o número de vagas. “Teríamos de aumentar o número de alojamentos, salas de aula, laboratórios, professores e pessoal administrativo, o que é impossível sem o apoio do governo”, explica Santos.

O segundo passo crucial para a implantação de uma indústria aeronáutica foi a criação, em 1955, do Centro de Tecnologia Aeronáutica (CTA), formado pelo ITA e pelo Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, com a missão de executar pesquisa para desenvolver aviões comerciais de carga, a baixo custo, que não concorressem com a indústria inglesa ou norte-americana.

A excelência dos engenheiros formados pelo ITA e a qualidade da P&D do CTA permitiram que, em outubro de 1968, a primeira aeronave produzida no Brasil – o Bandeirante – sobrevoasse São José dos Campos/SP. Menos de um ano depois, estava pronta a minuta do decreto-lei que criava a Embraer.

Sem apoio de parceiros privados, que foram convidados, mas não quiseram apostar na empreitada, a Embraer foi criada como uma sociedade de economia mista controlada pelo Estado. O plano estratégico seguiu a rota correta: para capitalizar a empresa, o governo concedeu incentivo fiscal de 1% do Imposto de Renda das Pessoas Jurídicas na compra das ações. Em 1970, a Embraer tinha 1.035 acionistas e a participação privada totalizava apenas 18% do capital social. Em 1981, a empresa já contava com 226 mil acionistas que detinham 93% do seu capital.

As encomendas governamentais garantiram o crescimento da Embraer nos primeiros anos. O empurrão definitivo veio em 1975, quando o Departamento de Aviação Comercial (DAC) criou o Sistema Integrado de Transporte Aéreo Regional (Sitar), recomendando a utilização de aeronaves nacionais nas linhas que atendiam cerca de 400 localidades do interior do País. Nessa época, a Embraer começou a vender para empresas comerciais nacionais e também a exportar o EMB 110 Bandeirante e de uma aeronave agrícola, o EMB 200 Ipanema.

Ao final da década de 1970, o desenvolvimento de novos produtos, como o Tucano, o Brasília e o AMX, elevaram a Embraer a um novo patamar tecnológico, industrial e gerencial. Em 1994, a empresa foi privatizada. Dez anos depois, já era a segunda maior exportadora do País, com participação de 4% no saldo da balança comercial. Hoje, conta com mais de três mil engenheiros num quadro de doze mil empregados.

O crescimento aumentou a demanda da empresa por engenheiros. Para qualificá-los de acordo com suas necessidades, a Embraer criou então o Programa de Especialização em Engenharia (PEE), que seleciona engenheiros de diferentes áreas, oriundos de diversas universidades. A parceria natural foi com o ITA, cujos professores são responsáveis por 25% das aulas.

“Os cursos têm duração de 18 meses e uma carga de 2.600 horas de atividades, o equivalente a cinco MBAs”, diz Sydney Lage Nogueira, gerente do PEE da Embraer. Quase metade do tempo é dedicado à execução de projetos. Cada curso tem, em média, 80 alunos escolhidos numa disputada seleção. Os 540 profissionais que já concluíram o curso foram incorporados à empresa.

O PEE permitiu que a Embraer reduzisse o nível de contratação no mercado internacional. Em 2001, por exemplo, a empresa contava com 150 engenheiros do Leste Europeu, que foram sendo substituídos na medida em que se encerravam os contratos de trabalho.

Em 2002, a Embraer firmou convênio, no âmbito do PEE, com a Unicamp para a implantação de um curso de capacitação de engenheiros em Engenharia de Softwares e Hardwares para a aeronáutica. O programa era dividido em duas fases: uma teórica, realizada ao longo de três meses na Unicamp, e outra prática, com duração de quatro meses, na Embraer. O curso durou dois anos e formou cerca de 60 especialistas, todos contratados pela empresa. A Embraer mantém acordos com as universidades federais do Paraná, Santa Catarina, Pernambuco e Rio Grande do Sul.

Os engenheiros especializados em aeronáutica também são contratados pelas dezenas de empresas fornecedoras da Embraer, algumas delas estrangeiras que se instalaram no Brasil a partir de meados dos anos 90, quando a Embraer adotou a política de nacionalizar o conteúdo de seus aviões.

É o caso da espanhola Gamesa, produtora de componentes para a indústria aeronáutica que inaugurou sua primeira fábrica no Brasil no ano passado, em São José dos Campos. A empresa fornece insumos para a montagem dos estabilizadores horizontais e prestará serviços de acabamento para o ERJ 190 e 195. Outro exemplo é a First Wave Brasil, que se instalou em Taubaté, próxima a São José dos Campos.

O mercado para engenheiros também é formado por novas empresas geradas a partir da Embraer como, por exemplo, a Embraer Liebherr Equipamentos do Brasil S.A. (ELEB), resultado de uma *joint-venture* com o grupo Liebherr, sediado na Suíça. A ELEB surgiu em 1984, como uma divisão da área de equipamentos da Embraer. Produz e fornece suporte pós-venda para sistemas de trem de pouso, componentes hidráulicos e eletromecânicos.

“Essas empresas todas estão buscando nas universidades e instituições de pesquisa o apoio para complementar a formação de seus técnicos e engenheiros, e melhorar seus processos e produtos para permanecerem competitivas”, conta o reitor do ITA. “O maior problema é a falta de programas para desenvolver a competência nacional em áreas prioritárias, com recursos públicos suficientes e a participação empresarial”, conclui ele.

P&D EM REDE REDUZ CUSTOS E ACELERA RESULTADOS

Brasil já teve 37 redes de pesquisa na área de engenharia, envolvendo 112 empresas e 242 grupos de pesquisa

Cláudia Izique

Vem se estendendo pelo mundo afora a prática de articular pesquisadores de grupos, instituições e às vezes países diferentes para trabalhar cooperativamente em projetos de interesse comum. Facilitado pelas modernas tecnologias de comunicação, esse trabalho em rede permite dividir tarefas, somar e complementar competências, reduzindo custos e acelerando a obtenção de resultados. São vantagens que vêm levando cada vez mais empresas e instituições a organizar suas pesquisas em redes.

As experiências do Brasil na área são escassas. A mais famosa, provavelmente seja a da rede Onsa, criada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) para realizar o primeiro seqüenciamento genético feito no País. Na área de engenharia, no início dos anos 90, já havia alguns projetos de pesquisa sendo desenvolvidos em rede no País.

A primeira iniciativa, porém, de estimular a organização, em grande escala, de redes para pesquisa surgiu em 1995, com o Programa de Desenvolvimento das Engenharias (Prodenge), da Financiadora de

Estudos e Projetos (Finep). O Prodenge tinha dois subprogramas: Reengenharia do Ensino de Engenharia (Reenge) e Redes Cooperativas de Pesquisa (Recope).

O Recope apoiou 30 redes já existentes – que envolviam 82 grupos de pesquisa e 30 empresas em todo o País –, e patrocinou a formação de 7 novas redes, que se multiplicaram em 32 sub-redes integradas por 164 grupos de pesquisa e 82 empresas. Suas atividades concentraram-se em sete temas considerados estratégicos para o avanço da inovação no País, indo de automação industrial até educação tecnológica.

O programa foi interrompido no início de 2000, deixando um respeitável saldo: além de criar uma cultura de pesquisa colaborativa no País e desenvolver várias tecnologias, consolidou parcerias duradouras entre universidades e o setor produtivo. Tanto que várias das redes criadas pela Recope sobreviveram à sua desativação. É o caso da rede de Usinagem, coordenada pelo departamento de Engenharia de São Carlos, da USP.

Essa rede continuou mantendo atividades cooperativas até conseguir, em 2002, financiamento do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) para ampliar sua infra-estrutura. Transformou-se, então, no Instituto Fábrica do Milênio, integrado pelas sub-redes de usinagem e de automação industrial e pelo Centro de Informação Metal Mecânica (CIMM), formando uma equipe de 600 pesquisadores de 20 universidades e institutos de pesquisa, organizados em 31 grupos de pesquisa focados nas demandas de mais de 400 indústrias, entre elas a Fiat, Eaton, Rhodia e Embraer.

O instituto, que no ano passado obteve novo financiamento do MCT para mais três anos, desenvolve tecnologias e soluções de manufaturas nas áreas de cadeia de suprimentos, transformação organizacional e qualidade, ciclo de vida de produtos, processos de fabricação e automação industrial, entre outros.

“O instituto rompe com o perfil exageradamente acadêmico de pesquisa, inadequado para área de engenharia”, afirma João Fernando de Oliveira, professor da Escola de Engenharia de São Carlos, da USP, e coordenador do instituto. Observa que quando um pesquisador de uma universidade pública atende a uma demanda do setor privado, presta um duplo serviço: beneficia a universidade – por gerar um novo conhecimento – e a empresa – que se desenvolve, gera empregos e impostos que retroalimentam o sistema público de educação no País.

O instituto, desde a sua constituição, já registrou 14 patentes de tecnologias com aplicação industrial. Uma delas é a de um novo fluido para processos de usinagem e retificação de peças que, com alto percentual de óleo de mamona, é biodegradável.

As parcerias com empresas geraram para o Instituto Fábrica do Milênio receitas de US\$ 700 mil, integralmente reinvestidos nos projetos. A instituição articula agora parcerias com a Confederação Nacional da Indústria e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) para ampliar seu escopo de atuação.

Também criada pelo Recope, a Rede de Automação e Manufatura (Manet) é outra que continua ativa. Nela colaboram 212 pesquisadores de 12 estados, organizados em 41 grupos que desenvolvem projetos para empresas nas áreas de soldagem robotizada, prototipagem rápida, sistemas inteligentes,

automação predial, etc. A tecnologia de soldagem robotizada desenvolvida pelo grupo já substituiu processos manuais usados na indústria automobilística.

A rede conta com recursos de empresas, da Finep, e de agência estaduais de fomento. Também tentou apoio do programa Institutos do Milênio do MCT, mas não conseguiu. “Dos 34 projetos aprovados, só dois eram de engenharia. Esperávamos que fossem contemplados pelo menos cinco”, lamenta.

Um dos grupos da Manet estuda o tema da educação em engenharia no País. “Esta discussão contaminou toda a rede”, diz José Reinaldo Silva, professor da área de Mecatrônica na Escola Politécnica da USP, coordenador da rede. Eles estão avaliando, por exemplo, a possibilidade do uso de programas de educação a distância em áreas em que o estudante de engenharia, “se bem preparado”, pode aprender sozinho. “Outras, como a de projetos, requerem muita interação presencial com o professor”, ressalva Silva.

O grupo já teve uma experiência bem-sucedida com uso de educação a distância num curso de robótica em cursos de graduação, ainda no final dos anos 90. “Os dados ficavam armazenados na BrasilTelecom e eram veiculados pela Universidade de Brasília para as universidades federais do Rio Grande do Norte, da Paraíba e para uma escola de engenharia no Rio Grande do Sul”, ele conta. “Problemas financeiros” da BrasilTelecom, no entanto, impediram a continuidade do projeto e o material utilizado nos cursos transformou-se num livro que, atualmente, é uma das fontes de receita para o desenvolvimento de pesquisas. “O projeto está pronto. Faltam recursos para a operação”.

QUATRO DÉCADAS E 10 MIL PROJETOS INTEGRANDO ACADEMIA E EMPRESA

Cláudia Izique

O Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, conhecido pela sigla Coppe, foi criado em 1963, por iniciativa de um grupo de professores do Instituto de Química da UFRJ. Sua missão era desenvolver pesquisa aplicada e subsidiar o desenvolvimento da indústria brasileira.

“Na época não havia consenso sobre a necessidade de se fazer pesquisa na área de engenharia”, conta Ângela Maria Cohen Uller, diretora da Coppe.

Além de vencer a resistência acadêmica, um dos grandes desafios da Coppe, que nasceu vinculada a uma instituição pública, foi encontrar uma forma de interagir com as empresas. “Os docentes trabalhavam em regime de dedicação exclusiva, o que colocava dificuldades para compatibilizar outros interesses”, exemplifica Ângela Uller.

Inicialmente, a Coppe funcionou como uma empresa de consultoria, mas a situação, que abria espaço para iniciativas individuais, mostrou-se incompatível com o objetivo de o projeto institucionalizar a pesquisa. Foi assim que nasceu a Coordenação de Projetos, Pesquisa e Estudos Tecnológicos (Coppetec), no início

dos anos 70, como interface da Coppe com o mercado. “Os contratos de pesquisa perderam o seu caráter individual, de consultoria, e passaram a ser responsabilidade da equipe”, explica Ângela Uller.

O primeiro contrato da Coppe foi com Furnas Centrais Elétricas para a realização de estudos de Bacia Hidrográfica. Em 1980, logo depois do acidente com a usina nuclear de Three Miles Island, nos Estados Unidos, a Coppetec desenvolveu, a pedido de Furnas, um sistema de controle e monitoramento para a usina de Angra 1. “Na época, Angra 1 usava um *software* que exigia decisão do operador”, conta Ângela Uller. O projeto surgiu para criar um sistema totalmente automatizado. Furnas bem que tentou comprar a tecnologia nos Estados Unidos, mas os quatro módulos necessários custavam juntos US\$ 72 milhões.

“Desenvolvemos tudo por US\$ 4 milhões, economizamos divisas para o Brasil e ainda conseguimos garantir auto-suficiência para o País, produzindo tecnologia nacional de monitoramento e controle de usinas nucleares”, destaca Ângela. Quando Furnas abriu licitação internacional para a construção de sistema semelhante em Angra 2, a Coppetec ganhou.

A Coppetec, no entanto, tinha sua agilidade comprometida pela “burocracia” típica de uma universidade federal, observa Ângela Uller: “As empresa não podiam esperar”. Arquitetou-se então um novo modelo de atuação que conferisse personalidade jurídica à coordenação. Foi então constituída a Fundação Coppetec, que atualmente conta com 300 professores doutores com dedicação exclusiva, 300 pesquisadores contratados e 390 funcionários, entre pessoal técnico e administrativo.

Ao longo de seus 36 anos de existência, a Coppetec já desenvolveu cerca de 10 mil projetos para o setor privado –38% deles na área de energia. O principal cliente é a Petrobras, com a qual a Coppetec mantém parceria desde 1975, tendo desenvolvido mais de dois mil contratos. O primeiro grande contrato, de 1977, foi para desenvolver um sistema computacional para a análise da estabilidade estrutural de plataformas marítimas.

A parceria com a Petrobras resultou em mais de quinhentas pesquisas de mestrado e de doutorado sobre exploração, produção, transporte, refino e distribuição de petróleo, que contribuíram para consolidar a *expertise* nacional na área. “Hoje, são as pesquisas ligadas ao meio ambiente que ocupam destaque na parceria”, explica Ângela.

As pesquisas da Coppetec já resultaram na solicitação de registro de 72 patentes, dez delas no exterior. No caso da Petrobras, as patentes são depositadas em co-titularidade, garantindo-se à empresa o direito de veto no caso de comercialização.

A Coppetec registrou sua primeira patente internacional nos Estados Unidos, em 2004. Diz respeito a uma tinta contra corrosão à base de nióbio. Além do próprio produto, a pesquisa sobre a tinta já resultou no pedido de patente de dois processos industriais que podem ser usados na fabricação de outros produtos. “A patente da tinta será comercializada por uma empresa de base tecnológica formada por seus inventores”, conta Ângela. A empresa ficará incubada na Coppe até se emancipar, como já ocorreu com outras 40 empresas de base tecnológica gestadas pela instituição.

A Coppetec é auto-suficiente financeiramente. Em 2005, os projetos geraram uma receita de R\$ 121 milhões, cifra que, este ano, deverá crescer 50%. Este resultado financeiro permitiu à Coppetec equipar-se com quase uma centena de laboratórios de última geração, aos quais têm acesso os alunos de pós-graduação e de graduação da UFRJ. “Temos alunos de iniciação científica, de mestrado e de doutorado que participam dos projetos e que acabam trabalhando nas empresas que nos contratam”, ela diz.

A Coppetec, frisa Ângela, não concorre com empresas de engenharia. “Só fazemos P&D de ponta ou inovação incremental”. Os resultados da pesquisa e o estreito relacionamento com o setor privado contribuem ainda para aprimorar a graduação. A percepção das demandas não atendidas, por exemplo, levou a UFRJ a oferecer, desde 2004, quatro novas habilitações: Engenharia Ambiental; de Petróleo; de automação e controle; e de computação e informação.

“Os novos cursos, fruto de uma parceria entre a Coppe, a Escola Politécnica e a Escola de Química, são uma resposta concreta da UFRJ às demandas do mundo moderno e estarão alicerçadas em uma forte base científica, aliada a atividades de alta tecnologia desenvolvida em nossos laboratórios”, conclui Ângela Uller.

INICIATIVA ACADÊMICA TRANSFORMA RECIFE EM CLUSTER DE TI

Cláudia Izique

O Porto Digital, instalado no Recife, Pernambuco, foi criado em 2000 e, em menos de quatro anos, ganhou projeção internacional como um dos mais importantes *clusters* de tecnologia da informação e comunicação na América do Sul. Reúne uma centena de empresas nacionais de base tecnológica e gigantes mundiais como a IBM, Motorola, Nokia e Microsoft. Gera 2,5 mil empregos diretos e negócios que já representam 3,5% do Produto Interno Bruto do estado.

O sucesso do Porto Digital está estreitamente vinculado à iniciativa de um grupo de seis professores do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) que, em 1996, decidiu criar o Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (Cesar) para estimular a formação de um mercado de trabalho local para os seus alunos.

“Formávamos profissionais de qualidade que só encontravam emprego fora do estado”, lembra Eduardo Peixoto, *Chief Operating Officer* (COO) do Cesar. A “gota d’água”, como ele diz, foi em 1993, quando o Banco Nacional – hoje, Unibanco – contratou uma turma inteira de formandos para trabalhar em São Paulo.

O Cesar funciona como uma incubadora de empresas de tecnologia da informação (TI), que nascem para atender a uma necessidade do mercado: às vezes uma demanda já percebida pela empresa, às vezes uma possibilidade de melhoria que o Cesar detecta, para a qual propõe um projeto. Essa lógica

proativa de trabalho logrou desenvolver a demanda local por TI. Simultaneamente, a *expertise* do Cesar conquistou tal reconhecimento, que o centro hoje tem clientes em todo o País.

Quando as soluções tecnológicas desenvolvidas pelo centro para um cliente podem ser aplicadas em outros negócios, cria-se uma empresa para comercializar o produto ou serviço em questão. A nova empresa fica incubada no centro até ser capaz de se auto-sustentar.

Foi assim com a Radix que, nascida de uma tese de doutorado, desenvolveu uma das ferramentas de busca com maior número de páginas indexadas da internet brasileira. Já tinha 150 mil funcionários quando foi vendida para o Banco Opportunity e hoje é o mecanismo básico de busca do provedor de acesso Ibest.

Outro exemplo é o da Jynx. Especialista em desenvolver jogos para celulares, a Jynx também nasceu de uma dissertação de mestrado, modelo que gerou mais de uma dezena de empresas, muitas das quais instaladas, hoje, no Porto Digital. “O Cesar foi a instituição-âncora de fomento à inovação na região”, avalia Peixoto.

O Cesar é uma instituição sem fins lucrativos, independente da universidade, e totalmente auto-suficiente do ponto de vista financeiro. Todo o superávit é investido na criação de novas empresas. “Contamos com o apoio de uma rede de investidores de risco que apóiam novos empreendimentos e participam como sócios”, explica Peixoto.

Além de transformar a pesquisa em tecnologia da informação em produtos, criar um mercado de trabalho para os alunos da UFPE e fomentar a constituição de um pólo regional de alta tecnologia, o Cesar induziu a modernização dos conteúdos dos cursos do Centro de Informática.

“A UFPE foi a primeira universidade a contar com um curso de Java e com uma disciplina específica de tecnologia de jogos eletrônicos no curso de graduação”, exemplifica Peixoto. “A forte ligação do Cesar com a universidade permitiu que os conteúdos dos cursos se adequassem mais rapidamente às novas demandas do mercado”.

Estimulado pelo mercado que ajudou a constituir, desde que nasceu, o Cesar cresce a uma taxa de 40% ao ano. Conta com cerca de 500 especialistas em tecnologia da informação e comunicação, e começa a recrutar profissionais formados em outras regiões do País.

“A situação começa a se inverter: a demanda cresce mais do que a oferta”, comenta Peixoto. A saída tem sido estabelecer intercâmbio internacional com a Índia, Alemanha, França e Turquia e contratar pessoal formado em outras universidades do Nordeste.

Essa estratégia de recrutamento criou uma espécie de defasagem na formação e qualificação dos colaboradores. Para harmonizar a equipe, o Cesar criou o Programa Expresso de Capacitação (PEC), que, com duração de três meses, funciona como uma espécie de ementa de curso para engenheiros de *software* ou de computação.

O PEC está sendo adotado por várias universidades da região como uma espécie de “curso sanduíche” em seu currículo regular. “O Cesar faz a avaliação final dos alunos e os que tiverem aproveitamento acima de 85% são contratados”, diz Peixoto. O Cesar mantém ainda um “programa de residência” para alunos graduados que funciona em moldes semelhantes ao da residência médica, conciliando aulas teóricas com prática, no caso, de desenvolvimento de projetos.

Até o final do ano, o centro iniciará um mestrado profissional na área de Engenharia de Software. A proposta já foi aprovada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), do Ministério da Educação. A idéia é estimular o desenvolvimento de dissertações alinhadas com problemas reais de empresas de informática, de forma a que o aluno possa vivenciar na prática os conceitos ministrados nos cursos.

Dessa forma, o Cesar se prepara para levar avante planos mais ambiciosos. O principal projeto, já em desenvolvimento, é o Pitang, um projeto ainda sigiloso de uma fábrica de *softwares* para “competir com cachorro grande”, segundo Peixoto. Mais de 200 profissionais participam da empreitada. A expectativa é fazer o Brasil marcar presença no mercado internacional de *software*, que cresce a uma taxa de 15% ao ano, movimentando em torno de US\$ 500 milhões anuais.

“No futuro, vamos absorver mão-de-obra formada nos cursos de outras regiões do País”, prevê Peixoto. O centro está capitalizado para bancar o projeto: vendeu recentemente a sua participação acionária na Temper, especializada na investigação de sistemas de segurança na internet, e na E-capture, empresa responsável pela criação do hipercard, sistema utilizado originalmente pela rede de Supermercados Bom Preço, hoje adotado pelo Unibanco.

ESTAGIÁRIOS LEVAM INOVAÇÃO PARA EMPRESAS

Simone Biehler Mateos

Graças a um projeto desenvolvido por dois estagiários, em poucos meses, a Telemig Celulares reduziu em quase 14% seus gastos com energia, aluguel e manutenção dos equipamentos de suas plantas de transmissão TDMA. Na fábrica de biscoitos Mabel, em Goiânia, Goiás, o tempo investido em produzir gráficos passou de quatro horas para menos de um minuto a partir de um projeto de um estagiário. Também em Goiás, na Ambev de Anápolis, um estagiário em engenharia de produção desenvolveu, no ano passado, um projeto de logística que reduziu muito as perdas como quebra de vasilhames.

Esses são apenas alguns exemplos dos resultados alcançados por estagiários da área de engenharia do Programa de Estágios do Instituto Euvaldo Lodi (IEL), que só no ano passado beneficiou 70 mil alunos. Além de cadastrar alunos e empresas interessadas, o IEL seleciona estagiários com o perfil mais adequado às necessidades da empresa e supervisiona o estágio, de forma a garantir que ele ocorra na área de formação do aluno.

“Só assim o estágio contribui efetivamente para a formação do aluno, podendo resultar em inovações e melhorias importantes para a empresa”, frisa Ricardo Romeiro, coordenador nacional da área de estágios e bolsas do IEL. “Nos casos mais bem-sucedidos, o estágio pode contribuir até para atualizar conteúdos dos cursos das universidades e para aproximar o setor produtivo das atividades de pesquisa e desenvolvimento, que são essenciais para aumentar a competitividade industrial”, acrescenta ele.

A Telemig é um bom exemplo disso. Com anos de experiência bem-sucedida com estagiários, desde 2004, a empresa reestruturou seu programa para a área estabelecendo formalmente que, ao final do primeiro ano de estágio, os estudantes teriam de apresentar um “Projeto Aplicativo”, propondo uma melhoria ou inovação na área em que estivessem atuando. O resultado foi uma enxurrada de pequenas e grandes melhorias na empresa e o aumento do número de estagiários que acabam contratados.

“Os estudantes sempre foram fonte de inovações na Telemig, as novas regras só potenciaram isso”, diz Elisa Bouissou, responsável pelos estágios da empresa, que hoje mantém 61 estagiários de nível superior e três de cursos técnicos.

Entre eles estão os estudantes de engenharia Igor Barbosa e Samuel Gomes que, com seu projeto aplicativo, eliminaram a capacidade ociosa nas linhas TDMA da Telemig. À medida que migrava para o GSM, a Telemig solicitava aos dois que liberassem para o novo sistema feixes de fibras óticas que ficavam com capacidade ociosa no TDMA.

“Logo percebemos que havia muito mais feixes ociosos do que os necessários para o novo sistema e elaboramos um amplo projeto para eliminá-los, o que reduziu os gastos com aluguel, energia e manutenção desses equipamentos”, explica Barbosa. Ele e Gomes agora trabalham em outro projeto que deverá reduzir as interferências nos celulares TDMA: “Notamos que há uma concentração de muitas linhas telefônicas em frequências muito próximas, o que favorece interferências. Resolvemos, então, distribuir melhor o uso de frequências ao longo de toda a banda concedida pela Anatel” explica Gomes.

Os benefícios, porém, não foram apenas para a empresa: “Comandar um projeto, enquanto cumpríamos outras tarefas, trabalhar em equipe com gente de várias áreas pressionados pelas necessidades e o ritmo da empresa foi uma experiência importante”, ressalta Gomes.

Barbosa diz que o estágio foi positivo até para o seu curso: “O professor de Sistemas Móveis nos deu várias sugestões baseadas em seus conhecimentos teóricos. Algumas funcionaram bem na prática, outras não. Ele achou esse *feedback*, uma dica importante para suas aulas”.

Na verdade, o estágio bem planejado costuma favorecer a aproximação entre empresas e universidades tanto quanto outras ações conjuntas costumam refletir positivamente sobre os estágios. Goiás é um bom exemplo. Lá, o programa de estágios do IEL cresceu e se enriqueceu a partir de uma iniciativa da Mabel.

Cansada de empregar engenheiros de alimentos sem as qualificações necessárias, essa fábrica de biscoitos procurou o IEL para pedir ajuda para levar professores e diretores do departamento de Engenharia de Alimentos para conhecer de perto a realidade da fábrica.

Foi assim que, sob a coordenação do IEL, nasceu o programa Universidade na Indústria, pelo qual primeiro a Mabel e logo outras indústrias passaram a receber professores e chefes de departamento de várias instituições de educação para uma intensa jornada de aproximação.

O programa leva professores, diretores e chefes de departamento às empresas para falar sobre o perfil dos alunos, conteúdos e objetivos dos cursos e ouvir sobre as necessidades da empresa. Depois, eles vão conhecer a fábrica e conversar com os profissionais que atuam nas áreas onde eles lecionam. Às vezes, os professores voltam depois para aprofundar temas, acompanhados ou não de alunos.

Doze instituições de educação superior já participaram dos encontros, que resultaram na revisão do conteúdo de alguns cursos e vários convênios de colaboração, além da criação de um programa de bolsas de estudo para funcionários da Mabel, que também dobrou seu número de estagiários. Entre eles, está Harlen Alves, que entrou como estagiário na Mabel em setembro de 2004, quando concluía o curso de Engenharia de Alimentos na Universidade Federal de Goiás. Em janeiro estava contratado.

Ainda estagiário, inconformado com as quatro horas que investia para fazer os freqüentes gráficos que a empresa lhe solicitava, Alves resolveu se livrar do problema desenvolvendo, com a ajuda de alguns de seus professores, um sistema de gestão de processos que permite gerar qualquer gráfico em segundos.

O sistema, que integra todo o processo de produção, já está sendo implantado em outras fábricas do grupo. “Os professores ficaram entusiasmados em trabalhar com problemas reais e alguns alteraram conteúdos de seus cursos a partir do conhecimento do que era a demanda real da indústria de alimentos”, conta Alves.

A experiência com a Mabel foi tão positiva que o IEL decidiu ampliá-la. De um lado, já repetiu a iniciativa com outras empresas, como a LG. Por outro, passou a promover também a ida de empresários para as universidades, para conhecer e discutir com os acadêmicos o conteúdo dos cursos e o perfil dos profissionais formados.

Uma dessas visitas levou 105 pessoas da área de logística de 55 empresas para conhecer um curso de Engenharia de Produção. Muitos professores acabaram convidados a dar palestras ou prestar consultoria nas indústrias e muitas empresas começaram a abrir suas portas para estagiários. Em fevereiro, foi a vez de os empresários do pólo fármaco-químico irem conhecer a Faculdade de Tecnologia do SENAI de Anápolis, especializada nesta área.

MULTINACIONAL BRASILEIRA NASCE DA APOSTA EM INOVAR E CAPACITAR

Cláudia Izique

Há 45 anos, na pacata Jaraguá do Sul, Santa Catarina, o eletricitista Werner Voigt, o administrador Eggon da Silva e o mecânico Geraldo Weininghaus associavam-se para fabricar motores elétricos. O investimento inicial foi de menos de US\$ 12 mil, o equivalente a três fuscas da época. Hoje, com faturamento de US\$ 500 milhões e um quadro de mais de 14 mil funcionários –700 em 17 filiais no

exterior – a WEG exporta para mais de 100 países 40% da sua receita. É a maior empresa de motores elétricos da América Latina e uma das cinco maiores do mundo.

O principal motor de tão acelerado crescimento foi a inovação, com investimentos pesados na capacitação de recursos humanos. Da importação de tecnologia europeia, a empresa passou logo para o desenvolvimento de seus próprios produtos e processos. Hoje, investe 1,8% de seu faturamento em P&D que engloba desde contratação e adaptação de tecnologia de terceiros – sempre em “pacotes abertos” – até o desenvolvimento de produtos e processos inovadores.

As políticas de inovação e capacitação não arrefeceram, nem mesmo quando as vendas despencaram com a crise econômica dos anos 80. Na época, a WEG criou seu Centro Tecnológico, com sofisticados laboratórios dedicados a desenvolver inovações de ponta em parcerias com universidades brasileiras e internacionais.

Para evitar demissões, reduziu jornada de trabalho e salários, oferecendo capacitação profissional nos horários ociosos. Atualmente a empresa dedica a seus programas de qualificação de pessoal, realizados em parcerias com universidades brasileiras e estrangeiras, nada menos que US\$ 3,5 milhões ao ano. Conta com 715 engenheiros – boa parte com mestrado e doutorado – metade deles envolvidos em atividades de P&D.

“Nosso principal ativo é o capital intelectual. Qualquer resultado sempre está associado à maneira particular com que as pessoas desenvolvem seu trabalho e unem os resultados em torno de um objetivo comum”, diz Moacyr Rogério Sens, diretor técnico da WEG e primeiro engenheiro contratado pela empresa que, já em 1984, exportava tecnologia. A maioria dos engenheiros entra na WEG como *trainee*, faz um treinamento de oito meses para consolidar o que aprendeu na academia, ganhar prática e ambientar-se com o processo produtivo.

A empresa também oferece e financia para seus engenheiros cursos de pós-graduação, desenvolvidos em parceria com universidades como a Federal de Santa Catarina (UFSC), o Centro Universitário de Jaraguá do Sul (Unerj) e o Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) do Paraná. Os três cursos de especialização e os três mestrados montados com a UFSC, principal parceira, têm as aulas ministradas em salas da Unerj alugadas pela empresa por serem próximas da fábrica. “Assim, os alunos têm acesso ao maior acervo de máquinas e motores do mundo”, justifica Sens.

A parceria com as universidades engloba também contratos para pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e processos. A UFSC é responsável pela metodologia de cálculo de motores e pela tecnologia de refrigeração de máquinas elétricas. A Unerj desenvolveu, em 2002, o projeto de geradores elétricos síncronos de alto rendimento e o CEFET-PR analisa as vibrações das máquinas elétricas, para citar alguns exemplos. A pesquisa cooperativa inclui ainda sete universidades estrangeiras: Hannover, Dresden, Aachen, Wuppertal, Braunschweig e Ilmenau, da Alemanha, e Wisconsin, nos Estados Unidos. A empresa foi uma das pioneiras em adotar linhas de crédito da Finep para financiar a inovação e apoiar projetos desenvolvidos em parceria com as universidades.

As universidades ajudam a WEG até a planejar seus investimentos. Pesquisadores das universidades brasileiras e estrangeiras integram o Comitê Científico que a empresa montou para analisar o avanço mundial das pesquisas em máquinas elétricas e acionamento e “pensar o futuro da empresa”. “O comitê atua no planejamento estratégico de P&D e na realização de pesquisas de interesse da empresa. Os encontros anuais, iniciaram em 1997”, diz Sens.

A empresa também investe na difusão da inovação. É fundadora e parceira da Fundação Centro de Referência em Tecnologias Inovadoras (Certi), em Santa Catarina. A Certi oferece às empresas soluções para as quais elas não dispõem de recursos tecnológicos. Tem focado suas ações na cadeia produtiva da tecnologia da informação, sistemas mecatrônicos, metrologia e garantia da qualidade. Atua de forma integrada, tendo as empresas como clientes e a universidade como fonte de conhecimento: os projetos de pesquisa são desenvolvidos por alunos graduandos, mestrands e doutorandos em parceria com engenheiros já formados e atuando nas empresas parceiras.

Os resultados obtidos fizeram da Certi referência, em âmbito nacional e internacional, no desenvolvimento de projetos inovadores que envolvem soluções de convergência digital. Foi com o apoio da Fundação, por exemplo, que a empresa Procomp Indústria Eletro-Eletrônica, empresa líder em automação bancária no Brasil, desenvolveu – a partir da especificação do Tribunal Superior Eleitoral – o projeto mecânico e o *design* das urnas eletrônicas utilizadas nas eleições em todo o País. Além da Procomp, a Fundação tem entre seus clientes – a Embraco, Cia. Hansen, Fundação Tupy, Volkswagen, Pirelli, a própria WEG, entre outras.

PARCERIA PRODUZ TECNOLOGIA PARA MELHORAR CONDIÇÕES DE TRABALHO

Simone Biehler Mateos

A partir de uma parceria pontual com uma empresa, a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) formou um grupo interdisciplinar de especialistas em estudar, ensinar, projetar e implementar melhorias das condições de trabalho. Nos últimos dez anos, o grupo Ergo&Ação, de pesquisa, ensino e extensão na área de ergonomia, já melhorou as condições de trabalho de mais de 110 mil trabalhadores, tendo realizado dezenas de cursos e patentado vários desenvolvimentos tecnológicos na área.

Os 50 mil carteiros brasileiros, por exemplo, usam um tênis especialmente projetado para eles, pensado para garantir saúde e conforto a quem anda o dia inteiro em todo tipo de terreno. O calçado, que já começou a ser exportado para os Correios da Argentina, também despertou o interesse da Polícia Militar brasileira. O tênis, porém, foi apenas uma das dezenas de medidas de melhoria das condições de trabalho implantado nos Correios pelo Ergo&Ação. Só na área operacional

da empresa, o grupo alterou ou reorganizou 25 categorias de equipamentos. No global, 80 mil funcionários terão sido beneficiados.

O interessante é que o próprio grupo nasceu a partir de uma parceria pontual da universidade com uma empresa. Tudo começou há nove anos, quando a Faber Castell contratou a UFSCar para fazer um diagnóstico das condições de trabalho em suas unidades, tarefa que ficou a cargo de um grupo de pesquisadores do departamento de Engenharia de Produção. Feito o relatório que apontava os problemas, a empresa desafiou os pesquisadores a projetar e implementar as soluções que recomendavam.

“A necessidade de intervir no mundo real, de passar da teoria para a prática, nos obrigou a fabricar competências novas. Desse processo, nasceu o Ergo & Ação, um grupo de pesquisa, ensino e extensão, dedicado a estudar, projetar e implementar melhorias nas condições de trabalho”, conta Nilton Menegon, um dos três coordenadores do grupo que hoje mobiliza 25 bolsistas de graduação e pós-graduação.

Em 2001, o grupo recebeu um desafio novo e mais complexo: foi contratado pela Embraer para melhorar as condições de trabalho da fábrica. O diagnóstico dos problemas foi feito a partir da análise das condições de trabalho de 284 funções, usando e desenvolvendo a mais alta tecnologia possível. Um computador reproduziu com exatidão as várias atividades, com o espaço de trabalho, os equipamentos e dispositivos de produção de cada uma, tendo como operários manequins virtuais construídos a partir das características antropomórficas reais dos trabalhadores da unidade.

Para atacar os problemas diagnosticados foram implementados 62 projetos que incluíram o desenvolvimento de inovações simples e eficazes, duas delas patenteadas, como a cadeira que evita posições forçadas quando se trabalha sob o avião, e a manopla que amortece a vibração transmitida à mão pela máquina de rebitar a fuselagem.

O Ergo&Ação promoveu ainda cursos de treinamento para ensinar postura e outros princípios de ergonomia a mais de 600 funcionários da empresa. A parceria, que deve se estender até março de 2006, consolidou dentro da Embraer um núcleo permanente de ergonomia industrial que tem sido referência para que grandes empresas instaladas no País, como a DaimlerChrysler, Ericson, Peugeot, Citroën e Volkswagen enveredem pelo mesmo caminho.

E cada novo convênio do Ergo&Ação multiplica as possibilidades de novas parcerias entre empresas e universidades, já que sempre envolve vários outros parceiros tanto na área acadêmica como industrial. No caso dos Correios, por exemplo, o trabalho contou com a participação da Coppe, da UFRJ, da Fundação Getúlio Vargas (FGV), do Centro de Tecnologia em Couros, Calçados e Afins do Rio Grande do Sul, além de diversos fabricantes de calçados, roupas e bolsas, entre outros.

Nesses nove anos, o Ergo&Ação já fez parcerias com empresas como Johnson & Jonhson, Multibrás e Embraer, tendo melhorado diretamente as condições de trabalho de mais de 110 mil trabalhadores, sem contar os indiretamente beneficiados.

ALIANÇAS QUINTUPLICAM FORMADOS E GERAM PATENTES

Simone Biehler Mateos

Em apenas seis anos, o curso de Engenharia Metalúrgica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul quadruplicou o número de candidatos por vaga em seu vestibular e quintuplicou o número de formados, sem aumentar as vagas. O salto em eficiência foi fruto de uma parceria com a Gerdau, que há sete anos procurou a universidade para tentar resolver o problema crônico da insuficiência de engenheiros metalúrgicos no mercado.

A área vivia uma situação contraditória: apesar da oferta de empregos, a demanda pelos vestibulares do curso era baixa e a desistência posterior, alta. A Gerdau, então, passou a fazer uma divulgação agressiva dos vestibulares de Engenharia Metalúrgica da UFRGS – com anúncios em rádio, TV, jornais e panfletagem em cursinhos e colégios sobre as perspectivas da carreira – e lançou um programa de bolsas para os alunos que se destacassem no curso.

Para os quatro melhores colocados no vestibular, a empresa dá bolsa de R\$ 250,00 mensais para que eles se dediquem apenas aos estudos, fazendo estágios na fábrica durante parte das férias. Para o aluno com o melhor desempenho nos três primeiros anos do curso, a empresa paga bolsa para que faça um estágio profissionalizante no laboratório da universidade. Já o melhor formando ganha bolsa para fazer mestrado em área de interesse da Gerdau. De quebra, a empresa ainda envia alunos a congressos e seminários.

Com isso, em seis anos, o número de candidatos que disputam uma vaga em Engenharia Metalúrgica na UFRGS passou de 2 para 7,9, enquanto o número de engenheiros formados a cada ano saltou de 6 para 30.

“E a mudança não foi só de quantidade, a demanda passou a ser mais qualificada e o curso melhorou com o maior engajamento dos alunos”, avalia Telmo Strohaecker, chefe do departamento de Engenharia Metalúrgica da UFRGS. Hoje, não só a Gerdau como a Companhia Siderúrgica Paulista (Cosipa) e a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), entre outras siderúrgicas, recrutam na UFRGS engenheiros metalúrgicos para suas unidades em todo o País.

Segundo Strohaecker, a aproximação da indústria aumentou também o número de pesquisas em parceria, o que estimulou funcionários da fábrica a fazer cursos de pós-graduação na UFRGS, ampliando a cultura de pesquisa e inovação dentro da empresa. “Essa intensificação da pesquisa em parceria também beneficia a graduação porque mais professores convivem com exemplos de casos reais e os levam para a sala de aula”, destaca Strohaecker.

Mas a Gerdau é apenas um exemplo das sólidas parcerias desenvolvidas pela UFRGS, sobretudo nos últimos oito anos, quando aumentaram as verbas públicas vinculadas a contrapartidas de empresas.

Em pesquisa, por exemplo, os principais parceiros do departamento de Engenharia Metalúrgica são a Petrobras e a Companhia Vale do Rio Doce. Com a Petrobras, a universidade desenvolveu e patenteou,

entre outros, um novo equipamento para bombear petróleo em poços terrestres, que apresenta melhor rendimento e dimensões mais compactas, além de exigir menos manutenção que as tradicionais. A máquina está sendo fabricada pela Dambroz S.A. para a Petrobras.

Já o departamento de Engenharia de Materiais da UFRGS tem um grupo com três professores e 30 alunos dedicados tanto a atividades de pesquisa e desenvolvimento, como às de formação de recursos humanos, em parceria com empresas como a Petrobras, Ipiranga Petróleo, Braskem, Tintas Renner, etc. Esses convênios já resultaram em algumas inovações, como os novos cabos de amarração para plataformas marítimas – desenvolvidos em conjunto com a Petrobras – e uma tinta especial para aço galvanizado – fruto da parceria com a Renner.

“A aproximação faz com que cada um dos lados desempenhe melhor seu papel que, no caso da universidade, é formar recursos humanos e produzir pesquisa básica e aplicada; e, no caso da empresa, é ter produtos e processos melhores”, sintetiza César Vasconcelos, pró-reitor de pesquisa da UFRGS.

Ele conta que a aproximação da indústria está até modificando a estrutura de alguns cursos. “Foram as parcerias que nos mostraram a grande demanda por conhecimentos na área de novos materiais. Isso nos animou a comprar novos equipamentos e pesquisar mais nessa área. Agora, a consolidação dessas pesquisas está impulsionando mudanças na estrutura do curso”, conta.

Mas ele destaca também os benefícios que a empresa tem com a parceria: “Eles despertam para a importância de investir em tecnologia, em pesquisa e desenvolvimento”.



IEL/NC

Gerência de Promoção de Empreendedorismo e Inovação

Julio Cezar de Andrade Miranda
Gerente-Executivo

Diana de Mello Jungmann
Gerente

Eliane Menezes dos Santos
Analista

SENAI/DN

Diretoria de Operações

Assessoria
Marcos Formiga
Coordenação da Publicação

Colaboradores

Carlos Henrique de Brito Cruz (Fapesp), Cibele Yahn de Andrade (Unicamp), Donald Uhlig (Consultor), Evando Mirra (ABDI), Fernando Rizzo (PUC-ABC), Geraldo Nunes (Abipti), Gilberto Aquino Benetti (IEL), Íris Campos (jornalista), João Sérgio Cordeiro (Abenge), Joel Weisz (Protec), Luiz Augusto Pontual (CNPq), Luiz Carlos Scavarda do Carmo (Abenge), Marcondes Moreira de Araújo (MCT), Nacim Chieco (SENAI), Nelson Torreão (jornalista), Ruy C.L.Vieira (Consultor), Silvio Meira (CESAR-UFPE), Vanderli Fava de Oliveira (UFJF), Waldimir Pirro e Longo (Consultor) e Webster Spiguel Cassiano (Seed-MEC).

Superintendência de Serviços Compartilhados – SSC

Área Compartilhada de Informação e Documentação – ACIND

Marmenha Rosário
Normalização

Elaboração do texto final

Simone Biehler Mateos

Autores dos artigos e reportagens

Cláudia Izique
Luis Carlos Scavarda do Carmo
Ruy Carlos Camargo Vieira
Nacim Chieco

Revisão gramatical

RSouza

Projeto gráfico, capa e diagramação

Grifo Design Ltda.

Impressão

Athalaia Gráfica e Editora