



Ministério da Educação - MEC
Conselho Nacional de Educação - CNE
Câmara de Educação Superior - CES



UNESCO - PROJETO 914BRA1123 – CNE/MEC

DOCUMENTO TÉCNICO “A”

**Apresentado em atendimento às exigências estabelecidas no
EDITAL CNE No 05/2008**

Cargo: Especialista em Educação – Código 06/2008

Conselheiro responsável: Prof. Dr. Paulo Monteiro Vieira Braga Barone

Consultor: Públio Vieira Valadares Ribeiro

Brasília, Abril de 2009

Sumário

APRESENTAÇÃO	2
Públio Vieira Valadares Ribeiro	
CIÊNCIA & TECNOLOGIA: UM BREVE RESUMO DA HISTÓRIA RECENTE	11
Luiz Bevilacqua	
DEMANDA DE RECURSOS HUMANOS PARA A INDÚSTRIA.....	38
Marcos Maciel Formiga	
DEMANDA DE RECURSOS HUMANOS PARA A INOVAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO	78
Evando Mirra de Paula e Silva	
FORMAÇÃO EM ENGENHARIA	107
Nival Nunes de Almeida	
FORMAÇÃO EM FÍSICA	129
João Alziro Herz da Jornada	
FORMAÇÃO EM COMPUTAÇÃO	140
Carlos André Guimarães Ferraz	
FORMAÇÃO EM NOVAS ÁREAS	159
Jacobus Swart	
CURSOS SUPERIORES DE TECNOLOGIA	184
Luiz Augusto Caldas Pereira	
METODOLOGIA DE PROJETOS	200
Fernando Leme	

APRESENTAÇÃO

Públio Vieira Valadares Ribeiro¹

O presente documento é o resultado da primeira parte do trabalho de consultoria desenvolvido em atendimento às exigências estabelecidas no Edital CNE No. 05/2008, que se insere nas atividades do PROJETO 914BRA1123, fruto da parceria entre a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) e o Conselho Nacional de Educação (CNE). O principal objetivo do trabalho é fornecer subsídios para a atuação da Câmara de Educação Superior do CNE no que se refere à formulação e regulamentação de diretrizes, parâmetros e normas que orientam o desenvolvimento da Educação Nacional.

Um dos principais desafios no País - e, conseqüentemente, da educação brasileira - é a formação de recursos humanos aptos para atuarem no desenvolvimento, aperfeiçoamento e absorção de novas tecnologias nos setores industrial, agropecuário e de serviços. Se, por um lado, o Brasil conseguiu desenvolver uma forte base científica, por outro, ainda temos que avançar muito no desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços que possam alavancar o desenvolvimento sustentável do País. A política educacional é essencial para a estratégia nacional de desenvolvimento e deve estar articulada com as políticas de desenvolvimento produtivo, de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) e com as demais políticas setoriais.

O CNE, como órgão normativo e consultivo do sistema nacional de educação, tem a responsabilidade de promover o debate com a sociedade brasileira sobre os rumos da política nacional de educação. Com esse intuito, o Conselho realizou, em setembro de 2007, o

¹ Consultor contratado pelo Projeto 914BRA1123 CNE-UNESCO. Possui Bacharelado em Ciências Sociais com Habilitação em Sociologia (1999) e Mestrado em Sociologia (2003) pela Universidade de Brasília. Atualmente é Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Sociologia desta mesma Universidade. Possui experiência profissional na área de formulação, implementação, acompanhamento e avaliação de Políticas Públicas de Educação, Ciência e Tecnologia. Desenvolve pesquisas na área de Educação, Ciência e Tecnologia, com ênfase nos seguintes temas: Políticas Públicas; Educação Profissional e Tecnológica; Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I).

Simpósio a formação superior no campo tecnológico: cursos e interações com o desenvolvimento tecnológico. O simpósio, organizado pela Câmara de Educação Superior, especialmente pelo Professor Conselheiro Paulo Barone, reuniu renomados especialistas e estudiosos dos processos formativos e avaliativos da Educação Superior no Campo Tecnológico, com o objetivo de apresentar relatos e tendências que demonstrassem os resultados e impactos das ações das Instituições de Ensino Superior e do Ministério da Educação nos últimos anos. Participaram do evento, como expositores, os seguintes especialistas:

1. Luiz Bevilacqua, Reitor da Universidade Federal do ABC;
2. Marcos Maciel Formiga, assessor da Confederação Nacional da Indústria (CNI);
3. Evandro Mirra de Paula e Silva, Diretor da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI);
4. Nival Nunes de Almeida, Reitor da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Presidente do Conselho dos Reitores das Universidades Brasileiras (CRUB) e Vice-Presidente da Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE);
5. João Alziro Herz da Jornada, Diretor do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e membro da Academia Brasileira de Ciências (ABC);
6. Carlos André Guimarães Ferraz, Professor do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Diretor do Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (CESAR);
7. Jacobus Swart, Diretor do Centro de Pesquisas Renato Archer (CenPRA), Professor Titular da Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação da Universidade

Estadual de Campinas e membro do Conselho Diretor do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq);

8. Luiz Augusto Caldas Pereira, Diretor Geral do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos (CEFET-Campos) e Presidente do Conselho Nacional dos Dirigentes dos Centros Federais de Educação Tecnológica (CONCEFET);
9. Fernando Leme, presidente da Associação Nacional da Educação Tecnológica (ANET), sócio-diretor da Faculdade de Tecnologia Prof. Luiz Rosa, consultor da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, ex-presidente do Conselho Municipal de Educação de Jundiaí e membro da Congregação da Faculdade de Medicina de Jundiaí.

As exposições dos referidos especialistas trouxeram um rico acervo de estudos, informações, relatos, estatísticas, experiências, estudos de casos e outros conhecimentos importantes para a compreensão da Educação Superior no Campo Tecnológico, abrangendo tanto questões contemporâneas ligadas ao tema como as formações clássicas (as Engenharias, a Física e a Computação) e as formações inovadoras (como os Cursos Superiores de Tecnologia e as formações interdisciplinares).

O material do simpósio, no entanto, estava desorganizado e precisava de uma sistematização e lapidação para servir de subsídio para a atuação do CNE e para a formulação de políticas públicas ligadas ao tema. Dessa forma, a primeira parte do trabalho de consultoria consistiu na sistematização desses estudos, incluindo: (i) a edição, reformulação, revisão e correção sintática e gramatical dos textos; (ii) a pesquisa em fontes secundárias para correção e complementação de dados e estatísticas constantes nos estudos (dados do INEP, IPEA, MCT, OCDE etc.) ; (iii) a organização do conteúdo dos estudos e inclusão de títulos e sub-títulos; (iv) a pesquisa bibliográfica sobre autores, livros e textos citados pelos expositores, para a verificação e eventual correção das referências, e também para a complementação de algumas

idéias e argumentos dos especialistas; (v) a pesquisa, revisão e correção das referências sobre políticas públicas, programas, projetos e instituições citadas pelos expositores; (vi) a seleção e inclusão nos textos de figuras, gráficos e tabelas citados pelos autores em suas apresentações; (vii) a formatação e a revisão final dos textos. Após um longo trabalho, o resultado final é o produto ora apresentado, que constitui um rico documento com estudos inovadores sobre diversos assuntos relacionados com o tema da formação superior no campo tecnológico.

O primeiro estudo, do professor Luiz Bevilacqua, se intitula “Ciência & Tecnologia: um breve resumo da história recente”. Neste estudo, o autor aborda as questões relacionadas com a formação e consolidação da ciência e da tecnologia no Brasil nos últimos anos, tanto do ponto de vista da institucionalização do ensino superior e da pesquisa científica, como sob o enfoque do processo de industrialização e de constituição de algumas empresas inovadoras no País. O professor Bevilacqua também aborda o tema do surgimento e da expansão da pós-graduação brasileira, focando na experiência inovadora desenvolvida pela Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). O modelo de pós-graduação adotado pela COPPE incluiu alguns elementos essenciais – como, por exemplo, a dedicação dos professores em tempo integral – que, posteriormente, serviram de base para a expansão da pós-graduação no Brasil.

O segundo estudo, de autoria de Marcos Maciel Formiga, trata da “Demanda de Recursos Humanos para a Indústria”. Em primeiro lugar, o autor aborda a questão do planejamento estratégico da indústria para o período de 2007 a 2015, no qual são definidos os principais desafios, estratégias e metas do desenvolvimento industrial no futuro próximo. A grande meta desse planejamento estratégico é inserir a indústria no desenvolvimento sustentável do país e, para isso, a educação foi escolhida como um dos pilares essenciais do desenvolvimento industrial. Neste estudo, Marcos Formiga também apresenta a contribuição da indústria para a Reforma da Educação Superior, o programa Inova Engenharia e a visão da

indústria para a melhoria da educação nacional e para a promoção do crescimento sustentável do País.

O diagnóstico sobre a situação da Educação Superior no Brasil aponta para uma concentração excessiva dos cursos de graduação nas áreas de ciências humanas e sociais e, por outro lado, para a existência de um número relativamente reduzido de cursos, matrículas e egressos nas engenharias e nas demais ciências relacionadas com o campo tecnológico. O estudo também mostra a necessidade de se promover: (i) a universalização e a melhoria de qualidade da educação básica; (ii) um maior investimento em cursos técnicos e tecnológicos; (iii) uma maior aproximação do ensino superior com as demandas do setor produtivo; (iv) e, finalmente, um forte incentivo à pesquisa aplicada e à inovação tecnológica.

O terceiro estudo, do Professor Evando Mirra de Paula e Silva, se intitula “Demanda de recursos humanos para a inovação e o desenvolvimento tecnológico”. O autor inicia o seu estudo ressaltando que, de acordo com os dados da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), a inovação tecnológica é responsável por cerca de 50% do crescimento econômico dos países desenvolvidos. No caso brasileiro, os estudos realizados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), com base nos dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica na Indústria (PINTEC/IBGE) e em diversas outras bases de dados, demonstram que as empresas inovadoras, apesar de constituírem uma minoria entre as firmas industriais brasileiras: (i) possuem um faturamento significativamente maior do que as firmas especializadas em produtos padronizados e do que as empresas que não inovam e não diferenciam produtos; (ii) empregam mais trabalhadores do que as demais empresas (e seus trabalhadores são mais qualificados, ganham mais e têm menos rotatividade no emprego); (iii) agregam mais valor a seus produtos, processos e serviços; (iv) possuem uma maior participação no comércio exterior. Entre outras conclusões, o estudo aponta para a necessidade de articulação entre as políticas educacional, industrial, de ciência e tecnologia e de comércio exterior com foco na formação de recursos humanos para a inovação tecnológica.

O quarto estudo, do professor Nival Nunes de Almeida, trata da “Formação em Engenharia” no País. Num primeiro momento, o estudo faz um resgate da história do surgimento e da consolidação dos cursos de engenharia no Brasil. Em seguida, faz um amplo diagnóstico do ensino e da pesquisa em engenharia nas últimas décadas, ressaltando alguns problemas, tais como: (i) altas taxas de evasão e número extremamente reduzido de concluintes nos cursos de graduação; (ii) grande crescimento da oferta privada de cursos nos últimos anos, em detrimento da oferta pública; (iii) crescimento acentuado do número de habilitações e modalidades dos cursos de engenharia; (iv) grande concentração de cursos e instituições nas regiões Sul e Sudeste do País e número reduzido de cursos nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. O autor também aborda algumas questões relacionadas com a avaliação dos cursos de engenharia no âmbito do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior. Finalmente, o estudo aponta alguns desafios que devem ser enfrentados pelo País para que possamos avançar nesse campo do conhecimento, como, por exemplo, a melhoria de qualidade do ensino médio e da formação dos professores que atuam com o ensino de engenharia nos cursos de graduação.

O quinto estudo, desenvolvido pelo professor João Alziro Herz da Jornada, trata das questões relacionadas com a “Formação em Física” no Brasil. O professor jornada inicia seu estudo ressaltando alguns atributos essenciais do físico, como, por exemplo, o seu rigor metodológico, o foco em questões fundamentais e a sua habilidade para trabalhar com o desenvolvimento tecnológico em um ambiente de grandes e rápidas transformações. No entanto, ao contrário do que ocorre nos países que lideram o desenvolvimento tecnológico mundial, a maior parte dos físicos brasileiros não desenvolve suas atividades no setor empresarial. O número relativamente reduzido de pesquisadores desenvolvendo inovações nas empresas é um dos grandes entraves para o desenvolvimento tecnológico nacional. O autor ressalta a existência de uma cultura excessivamente reducionista no ensino de física no Brasil, que privilegia o conhecimento teórico, promove uma dissociação entre teoria e prática

e deixa de lado o conhecimento tecnológico. João Jornada apresenta algumas sugestões para a melhoria da formação em física, tais como: (i) ampliação do número de laboratórios e modernização dos laboratórios existentes nas instituições de ensino e pesquisa; (ii) a inclusão, nos cursos relacionados com o campo tecnológico, de disciplinas gerais com conhecimentos básicos de metrologia, normalização, princípios e técnicas de qualidade; (iii) e a promoção de iniciativas de divulgação e popularização da ciência, especialmente no âmbito do ensino médio, como forma de despertar o interesse dos alunos para as áreas tecnológicas.

O sexto estudo, realizado pelo professor Carlos André Guimarães Ferraz, aborda os problemas relacionados com a “Formação em Computação”. O autor parte da caracterização dos cursos de graduação e dos perfis profissionais na área de computação para, em seguida, tratar dos principais problemas do setor no Brasil e no mundo. Como em outros países, os principais problemas enfrentados no País são o déficit de profissionais e a baixa qualidade da formação oferecida em muitas instituições de ensino superior, especialmente no segmento privado. O forte dinamismo das Tecnologias de Informação e Comunicação e a crescente sofisticação do mercado de informática impõem a adoção de currículos suficientemente flexíveis nos cursos de graduação, de forma que os conteúdos, conhecimentos, habilidades e competências dos profissionais possam ser atualizados constantemente. Carlos Ferraz faz uma breve retrospectiva da história Centro de Estudos e Sistema Avançados do Recife (CESAR) e mostra como a instituição conseguiu promover a interação universidade-empresa, gerando sinergias positivas para a academia, para o mercado e, especialmente, para os alunos. O autor também explora o caso do Programa de Residência em Software, desenvolvido pelo CESAR, e mostra como o programa pode ser tornar um modelo de referência para a melhoria da formação na área de computação.

O sétimo estudo, do Professor Jacobus Swart, aborda algumas questões relacionadas com a “Formação em Novas Áreas”. Inicialmente, o autor faz uma breve retrospectiva sobre o desenvolvimento da eletrônica. Em seguida, aborda as Tecnologias da Informação e

Comunicação (TIC), os sistemas Micro-Eleto-Mecânicos (MEMS), as tecnologias de meio ambiente e energia e, finalmente, as nanotecnologias. Depois de tratar dessas tecnologias, o autor apresenta algumas sugestões para a melhoria da formação de recursos humanos no País, especialmente: (i) a atualização e ampliação de programas tradicionais, como física, química, biologia e engenharia; (ii) a ampliação de novos programas, como, por exemplo, ciência da computação, engenharia mecatrônica, engenharia física, engenharia biomédica e física médica; (iii) a criação de novos programas, especialmente programas multidisciplinares (envolvendo física, química e biologia), de engenharia de instrumentação, microeletrônica e nanotecnologia. O professor Swart também realiza uma breve comparação entre a situação encontrada nos países BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China), e faz alguns comentários sobre o Programa Circuito Integrado Brasil.

O oitavo estudo foi desenvolvido pelo Professor Luiz Augusto Caldas Pereira e trata dos “Cursos Superiores de Tecnologia” no Brasil. O autor inicia a seu estudo abordando algumas questões relacionadas com o surgimento e com a consolidação dos cursos superiores de tecnologia no período de 1961 a 1996, incluindo elementos presentes na legislação educacional, nas engenharias, no cenário econômico e na organização dos processos de produção e de formação profissional. Em seguida, aborda questões relacionadas com o impulso dado aos cursos de tecnologia a partir da nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), incluindo aspectos relacionados com a reforma da Educação Profissional, com a chamada “nova economia” e com as transformações que ocorreram no perfil do trabalhador. Finalmente, o professor Luiz Caldas apresenta algumas estatísticas sobre os cursos superiores de tecnologia nos últimos anos e aborda questões atuais, como, por exemplo, os avanços, equívocos, dificuldades e perspectivas da Educação Profissional no contexto contemporâneo.

Finalmente, o último estudo foi desenvolvido pelo professor Fernando Leme e aborda o tema da “Metodologia de Projetos”. Na mesma linha adotada por Luiz Caldas, o autor faz

uma breve retrospectiva dos cursos de formação de tecnólogos no Brasil e apresenta algumas características intrínsecas desses cursos, que os diferenciam dos demais cursos de ensino superior. O autor também aborda algumas questões relacionadas com as políticas implementadas pelo Ministério da Educação (MEC) nos últimos anos, especialmente no que se refere à atuação das faculdades de tecnologia. Por último, o Fernando Leme explora a experiência inovadora da Faculdade de Tecnologia Professor Luiz Rosa com a chamada “metodologia de projetos” e mostra como uma pequena instituição consegue fazer pesquisa aplicada com um custo relativamente baixo, formar seus alunos de maneira eficaz e dotá-los de habilidades e competências necessárias para que eles possam enfrentar o mercado de trabalho.

Ciência & Tecnologia: um breve resumo da história recente

Luiz Bevilacqua²

Em primeiro lugar, eu quero cumprimentar a todos os presentes e agradecer a comissão organizadora, particularmente ao Conselheiro Paulo Barone, por este convite. Inicialmente, gostaria de dizer que essa apresentação está muito associada ao meu histórico de vida e, neste sentido, ela pode ser entendida quase como um depoimento pessoal. Resolvi fazê-la dessa forma porque acredito que, digamos, nos últimos quarenta anos, há uma riqueza muito grande no processo de formação e de consolidação da Ciência e Tecnologia (C&T) no Brasil. A intenção fundamental é mostrar aqueles que são mais jovens como se desenvolveu este processo, qual foi a sua origem e como ele está se projetando para o futuro.

O processo de formação da C&T tem uma marca, tem uma raiz histórica significativa e, por isso, acredito que seja necessário resgatar esta memória antes que ela se perca, pois a nossa geração já está chegando a uma idade em que as coisas podem eventualmente se perder. Desse modo, a apresentação é um breve histórico do desenvolvimento da C&T e da formação de recursos humanos no País, e de como este processo ficou acoplado ao desenvolvimento industrial.

Décadas de 1950 e 1960: a academia

As décadas de 1950 e 1960 têm uma importância fundamental na história do desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro. Como era o ensino da engenharia? Neste período, o ensino de engenharia era dividido em duas partes. Estas não eram chamadas propriamente de ciclos, mas, na realidade, eram duas partes distintas. Uma primeira parte relativa às disciplinas mais fundamentais - como física, química e matemática - e, depois do

² Reitor da Universidade Federal do ABC e ex-conselheiro do Conselho Nacional de Educação.

terceiro ou quarto ano, uma segunda parte focalizada nas cadeiras profissionais. Havia, certamente, uma dissociação entre essas duas áreas. Vários de nossos professores, e acredito que isso não aconteça atualmente, diziam: “- Esqueçam tudo o que vocês viram no primeiro e no segundo ano, porque isso não interessa mais”. Infelizmente, havia essa atitude um pouco negativa por parte dos professores.

E no interior desses dois ciclos, o que nós podíamos observar? Vou falar um pouco da situação do Rio de Janeiro, que era parecida com a de São Paulo. No primeiro ciclo, havia pouquíssimos professores que se dedicavam à universidade, dois ou três na área da matemática, alguns na área da física, ligados a outras instituições, a antiga Faculdade de Filosofia e ao Instituto da Matemática. Esses professores, embora tivessem alguma vivência na universidade, não nos passavam nada do ponto de vista prático. No segundo ciclo, quando se entrava na área da engenharia, a formação dos alunos em atividades de investigação e de avanço de conhecimento era praticamente inexistente. Os professores davam as suas aulas e retornaram aos seus escritórios. Era um ensino praticamente profissionalizante, o tempo inteiro.

Havia uma exceção que foi o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA). O ITA surgiu no início da década de 1940 e, no fim da década de 1950, ele foi organizado de outra maneira. Mas era uma situação singular que, naquela ocasião, não tinha muita representatividade, do ponto de vista quantitativo, para a formação de recursos humanos no Brasil. A formação na área da Engenharia era uma formação profissionalizante que, devo dizer, era de boa qualidade. Nós saímos bons engenheiros e tínhamos professores atualizados, que acompanhavam o que de melhor acontecia no mundo, e isso eu ouvi de vários deles.

Com relação a contribuição para o avanço do conhecimento, alguns desses professores certamente teriam ido muito mais longe, se tivessem tido a oportunidade que, infelizmente, não tiveram. Eles diziam: “- No Brasil não se faz pesquisa, isso é impossível aqui. Mas vocês

leiam essas revistas, acompanhem esses e aqueles simpósios e, dessa forma, vocês ficarão com seu conhecimento sempre atualizado”. Desse modo, era uma formação essencialmente profissionalizante, com uma vertente de acompanhamento do que acontecia no exterior. Sem dúvida, eram bons profissionais.

Nessa época, a investigação tecnológica era muito centrada na engenharia civil. A engenharia civil foi, talvez, uma das grandes precursoras da pesquisa tecnológica no Brasil. Isso aconteceu, por exemplo, no Instituto Nacional de Tecnologia (INT), que não era uma universidade, e sim um instituto de pesquisa projetado especialmente para atender algumas demandas tecnológicas. Neste instituto, havia pequenos esforços de desenvolvimento tecnológico em engenharia civil. Pouca parte experimental, alguma investigação analítica ou teórica. Mas eram coisas muito modestas.

Nas áreas de engenharia mecânica, elétrica e eletrônica, o esforço de desenvolvimento tecnológico era menos evidente. Podíamos perceber isso quando nos deparávamos com a questão da divulgação. Fazia-se a divulgação em algumas poucas revistas, e essas revistas eram muito práticas. Certamente, as revistas mais importantes eram, novamente, as das áreas de engenharia civil. Desse modo, a engenharia civil tinha alguma atividade, eu não diria propriamente de pesquisa, mas de desenvolvimento tecnológico. Esta atividade não ocorria dentro das universidades, mas apenas em alguns institutos como o INT e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT). Mas isso nunca transbordou para o setor universitário.

Os alunos saíam das escolas como bons engenheiros, mas sem nenhuma oportunidade de levar adiante, para aqueles que tinham este desejo, a sua vocação para a investigação científica. Por isso, íamos todos para as áreas profissionais. É importante dizer que, nas décadas de 1950 e 1960, havia emprego para todo mundo. Ou seja, só ficava desempregado quem quisesse, a oferta de emprego era considerável e isso não era o problema.

E a questão da carreira docente, como acontecia? A carreira docente era constituída pelo sistema de cátedras, quer dizer, havia os professores catedráticos e seus assistentes. Posso citar como exemplo o caso da Arquitetura na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Se vocês forem ao Centro de Tecnologia da UFRJ, e olharem o espaço físico da Arquitetura, notarão uma coisa impressionante – existe o gabinete do catedrático, com cozinha e banheiro completo, uma pequena sala para os assistentes e a secretaria. Quer dizer, essa era a idéia do professor catedrático, importada da Europa. O catedrático e seus assistentes eram responsáveis por alguns cursos, corrigir provas etc.

Eu vivi essa época quando saí do curso, já no quarto ou quinto ano. Quem gostasse da vida acadêmica era convidado, primeiro, para monitoria e, depois, transformado em professor assistente. Dessa forma, ficávamos quase sempre como assistentes, houve muito disso naquele tempo. O que nós fazíamos? Também dávamos os nossos cursos e depois saíamos para os nossos trabalhos. Era exatamente isso o que acontecia. Fazíamos um curso, eu digo novamente, puramente profissionalizante, e que formava bons profissionais, isso não se pode negar. A engenharia civil no Brasil, por exemplo, tem obras notáveis que são reconhecidas, inclusive, internacionalmente, mas elas são frutos do conhecimento que era desenvolvido no exterior.

Finalmente, a dedicação dos docentes para a vida acadêmica era uma dedicação parcial, com exceção de alguns professores das áreas mais básicas, da matemática, alguns da física e da química. Todos os demais professores se dedicavam a universidade em tempo parcial, não havia essa coisa de dedicação exclusiva em tempo integral. Eram todos bons engenheiros, mas a dedicação era bastante limitada.

Décadas de 1950 e 1960: a indústria

Em termos de política industrial, o que aconteceu nas décadas de 1950 e 1960? Eu me formei em 1959 e presenciei todo o período desenvolvimentista dos anos Juscelino Kubitschek. Se observarmos o que aconteceu realmente naqueles anos, veremos que houve uma preocupação muito maior com a aceleração do desenvolvimento econômico e, principalmente, com a criação de empregos, do que com a geração de conhecimento e riqueza no âmbito interno.

Naquela época, prevaleceu a mesma filosofia de importação de idéias e de implantação destas idéias na indústria brasileira, para que houvesse emprego e, dessa forma, o país se desenvolvesse. Foi uma opção. Acredito que poderia ter sido diferente, como aconteceu posteriormente em alguns setores, mas, enfim, essa foi a opção adotada. A expectativa da indústria era completamente focalizada em seguir o que se fazia no exterior.

Vou contar uma pequena história para exemplificar essa situação. Um colega meu, que era um rapaz brilhante e muito inteligente, apresentou seu currículo numa seleção que estava sendo realizada por uma empresa de consultoria, para trabalhar com projetos do setor industrial. O currículo dele era muito bom e o chamaram para uma entrevista. Ao longo da entrevista, vale dizer que ele era muito vaidoso, falou bastante do que sabia e do que queria fazer. O entrevistador, que era um gerente da área de pessoal, ficou ouvindo tudo aquilo e, no final, quando meu amigo acabou de falar, ele disse: “- tudo bem senhor, até outro dia. - Mas eu estou empregado? - Não. - Mas como não, por quê? Eu gostaria de saber o motivo. - Nós não precisamos de gente com idéias, precisamos de gente que leia o catálogo, as especificações e as aplique. Gente que tem muita idéia não nos interessa”. Este foi um fato real e acredito que seja um exemplo significativo.

Outras histórias semelhantes, sobre as quais não vou me deter aqui, aconteceram neste período. Sempre com a mesma orientação de que nós, da engenharia brasileira,

deveríamos seguir os caminhos clássicos, gerar empregos, absorver tecnologia e desenvolver as suas aplicações.

Vou relatar apenas mais um caso, que aconteceu comigo quando passei para o regime de dedicação exclusiva na UFRJ. Encontrei um colega meu e ele me perguntou o que eu estava fazendo. Eu disse: “- Bom, eu estou na universidade” E ele respondeu: “- Não, eu estou perguntando onde você trabalha?”. Estas são algumas histórias representativas do pensamento que prevalecia na época.

A adesão à vida universitária, à pesquisa e à investigação científica era considerada uma coisa estratosférica. Não era considerada como trabalho e não era isso o que se esperava nem dos engenheiros e nem das empresas. As empresas que contratavam esses profissionais, mesmo nas áreas da Engenharia Civil que, como eu disse anteriormente, eram as mais desenvolvidas, eram contratadas por empresas estrangeiras, sejam elas americanas, francesas, alemãs etc. As empresas eram fiscalizadas de fora por um pessoal que tinha, às vezes, menos competência do que os próprios engenheiros brasileiros. O conceito que se tinha de desenvolvimento industrial era muito limitado, praticamente sem expectativa de grandes avanços, tanto é que nunca se falou em patentes.

Uma das grandes diferenças do Brasil para outros países, como, por exemplo, a Coreia, é essa questão do registro de patentes. Ou seja, a criação de novas idéias e o desenvolvimento de novas tecnologias, orientados para essa grande linha, que seria a geração de riquezas. Enfim, essa foi a política industrial dos anos 1960, que me pareceu muito mais orientada para os avanços do ponto de vista da expansão industrial, sem nenhuma criação e sem o desenvolvimento de tecnologia autônoma.

Com relação à geração de emprego, nesta época havia trabalho para quase todo mundo. A transferência de tecnologia era o grande vetor que movia a indústria nacional. Podemos citar, por exemplo, o caso da indústria automobilística, que foi um dos carros chefes

da expansão industrial dos anos 1960. Neste caso, não houve uma preocupação em se fazer um projeto brasileiro, procurou-se apenas transferir empresas de fora, dos Estados Unidos e da Europa, para o Brasil.

O projeto de desenvolvimento adotado pelo País foi baseado apenas na importação de tecnologia e na expansão da base industrial, por meio das grandes montadoras que aqui se instalaram. Estas empresas, de fato, contribuíram para o desenvolvimento da indústria e para a geração de emprego, ou seja, podemos dizer que houve certo avanço, mas não do ponto de vista do domínio das novas tecnologias e da possibilidade de um desenvolvimento tecnológico nacional.

Finalmente, quero fazer um comentário sobre a existência de preconceitos profundamente arraigados em nossa cultura e sobre a atitude de subserviência que caracteriza quase todos os setores da sociedade brasileira. Nós brasileiros sempre nos consideramos menos qualificados no setor industrial, e isso também ocorre, muitas vezes, no setor universitário. Por isso, nós incensamos tudo o que vem de fora, como se fosse uma coisa espetacular, e o que nós produzimos internamente fica sempre em segundo plano. Esta atitude é muito ruim. Esse preconceito contra nós mesmos era uma coisa que existia muito e que diminuiu um pouco ao longo dos anos, mas que, ainda hoje, continua existindo.

Por exemplo, se oferecerem aos alunos de graduação a oportunidade de fazer um intercâmbio entre instituições de ensino e pesquisa no País, ou ir para uma universidade no exterior, eles vão preferir ir para fora. Por que isso acontece? Porque eles acham que lá fora vão ter um ensino de melhor qualidade. Isto é óbvio. Nós fizemos um processo semelhante há pouco tempo na Universidade Federal do ABC por meio de um convite ao DAD, que tem uma cooperação forte com o Brasil. Acredito que esta cooperação é muito boa, eu mesmo, inclusive, fui bolsista do DAD. Mas acontece uma coisa espetacular quando anunciamos que vem gente da Alemanha para oferecer oportunidades de estudo. Não falta ninguém, todos os

alunos comparecem. São fatos dessa natureza que denunciam um pouco essa questão, de nos colocarmos sempre numa situação da inferioridade.

Esse é o quadro geral do que ocorreu nas décadas de 1950 e 1960, que foram precursoras da instituição da pós-graduação no país que, posteriormente, deu um grande salto. Nessas décadas, tanto no campo da formação de recursos humanos nas áreas das engenharias como no setor industrial, quase não houve avanços em termos de criatividade. Havia pouca preocupação de, realmente, criar essa riqueza, de ter projetos ou de ter idéias que fossem geradas no país e que pudessem contribuir para a formação de recursos humanos na área científica e tecnológica e para o desenvolvimento da indústria nacional. Naturalmente, houve certas exceções, como o ITA e algumas áreas das ciências básicas. Mas estes eram apenas alguns casos singulares, que depois se desenvolveram a partir das oportunidades que lhes foram dadas.

Década de 1970: a academia

A partir da segunda metade dos anos 1960, e ao longo da década de 1970, houve uma revisão da organização universitária. Não vou falar sobre toda a Reforma Universitária, quero me concentrar um pouco no que aconteceu na Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE), pois a história do surgimento desta instituição é fundamental e acho que isso não pode ser perdido. Antes da segunda metade da década de 1960, praticamente não existia pesquisa e desenvolvimento tecnológico nas áreas da Engenharia. Com a criação da COPPE, houve uma reviravolta nestas áreas.

O que aconteceu? A COPPE surgiu em 1963, um pouco antes do período da ditadura militar, como resultado do trabalho de um visionário e obstinado engenheiro, o professor Alberto Luiz Galvão Coimbra. Não foi resultado de um grande estímulo de governo, e sim da

iniciativa de um engenheiro que obteve seu mestrado no exterior e voltou para o Brasil com uma nova visão sobre o ensino e a pesquisa em engenharia. O professor Alberto Luiz Coimbra, que ainda está vivo e hoje deve ter uns 80 e poucos anos, disse: “- Nós precisamos fazer isso no Brasil”. Sua visão era de que o Brasil só poderia se desenvolver se tivéssemos um novo tipo de atitude com relação a formação dos engenheiros. Ele conseguiu alguns recursos com a Agência Internacional de Desenvolvimento (AID) e começou uma iniciativa inovadora dentro da UFRJ, no entanto, e isso é muito curioso, completamente paralela à universidade.

E como foi esse procedimento? Primeiro ele conseguiu os recursos da AID para, inclusive, contratar novos professores. Ele mesmo contratava os professores, não era a universidade. Para a contratação havia uma exigência primordial, dedicação em tempo integral. Se dissessem: “- Ah! Mas eu quero ser consultor”. Ele respondia: “- Então fique como consultor, é tempo integral”. Dessa forma, as pessoas eram contratadas em tempo integral por meio de uma entrevista com ele e com um grupo. Não havia concurso e não tinha esse negócio de “vamos chamar você para fazer isso ou aquilo”. Ele perguntava para o grupo: “- Como é o currículo desse cidadão? Como é que ele foi como estudante? Quais são as recomendações de seus professores?”. Então, eles faziam uma longa entrevista com aquelas pessoas que quisessem se dedicar exclusivamente ao programa.

Vale ressaltar que a COPPE também atraiu alguns professores de fora do País. O contrato com a AID também dava a oportunidade de trazer gente de fora e, no caso dos Estados Unidos, tivemos uns três ou quatro professores excelentes. Estes professores já vieram para o Brasil com experiência em pós-graduação, de universidades com outro estilo, onde a produção do conhecimento era um dos pontos fundamentais. Assim, eles vinham e se fazia o mesmo tipo de entrevista.

Essas foram algumas soluções muito interessantes, ou seja, dedicação em tempo integral, não havia concurso e sim uma entrevista, e as pessoas eram contratadas com bons

salários. Quando fui para COPPE, em 1965 ou 1966, eu ganhava exatamente o mesmo valor que me era pago na empresa de onde saí. Quer dizer, os salários eram competitivos com o setor industrial. Dessa forma, essa era uma nova mensagem - professores com tempo integral, salários decentes e, de certa forma, competitivos, e o recrutamento feito a partir do desempenho observado no currículo das pessoas.

O professor Alberto Luiz Coimbra também inovou na questão da carreira docente. Na COPPE, os professores assistentes trabalhavam de forma associada com os professores adjuntos e titulares. Quem dava esse título de desempenho para os professores? Que resultado vocês podem prever? Um grande embate. Eu não diria que saiu briga, mas houve grandes discussões com a Escola de Engenharia.

A COPPE, como uma nova instituição, constituiu uma estrutura paralela, dentro de universidade, com todos os professores em regime de tempo integral. Por outro lado, isso não acontecia na Escola de Engenharia, onde os professores tinham apenas dedicação parcial. Isso acabou criando uma espécie de hierarquia de poder, vamos dizer assim, em favor da COPPE, que era muito mais consistente do que a Escola da Engenharia. No início, nós não tínhamos nenhuma legislação, regimento ou estatuto. Depois se fez um pequeno regimento para inserir a COPPE dentro da UFRJ, e foi neste período que começou o referido embate com a Escola de Engenharia.

Ao mesmo tempo, logo após o surgimento da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), no início dos anos 1970, apareceu uma segunda pessoa, José Lúcio Ferreira, que era um economista que trabalhava no Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE). Nesta época, o Ministro do Planejamento era o João Paulo dos Reis Velloso. Em sintonia com a nova política de desenvolvimento e de substituição de importações, o Ministro Reis Velloso autorizou esse funcionário do BNDE a injetar recursos do Fundo de Tecnologia – FUNTEC na COPPE e na PUC. Depois isso se espalhou pelo Brasil inteiro.

A COPPE teve, dessa forma, um dos primeiros aportes do FUNTEC, que depois virou Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FNDCT. Esses recursos não eram repassados para a universidade, mas diretamente para a COPPE. O José Lúcio Ferreira dizia: “- Para a Reitoria eu não dou o dinheiro. Porque se eu colocar esse dinheiro na Reitoria ele não vai para a finalidade para a qual nós estamos destinando”. Tudo isso criou certos problemas internos, mas eles foram sendo vencidos aos poucos. Na PUC-RJ esse processo foi mais fácil, porque era uma universidade privada. Na COPPE isso foi feito em paralelo à legislação e à organização vigente. A visão que nós tínhamos era essa, porque, se fossemos obedecer toda a cultura universitária que prevalecia na época, não sairia nada. Depois, a coisa se desenvolveu e houve uma grande expansão para as outras universidades.

A formação de recursos humanos que seria necessária para o desenvolvimento dos professores foi feita a partir de envio de vários deles para o exterior. Eles eram contratados pela COPPE, ficavam um ou dois anos na instituição, e depois iam para o exterior para obterem os seus doutorados, em diversos países do mundo. Por outro lado, quando veio o FUNTEC, o professor Alberto Luiz Coimbra não se fixou na cooperação com os Estados Unidos e atraiu professores visitantes de toda a Europa. Vieram professores da Holanda, França e também muita gente da Rússia. Houve, dessa forma, uma expansão e uma grande mistura de pessoas altamente qualificadas de várias culturas, que foi formando toda uma nova geração.

Os alunos recrutados pelo Programa eram de primeira qualidade. Era impressionante como nós íamos pelo Brasil afora, e eu participei um pouco disso, mostrando o que era a COPPE para os alunos do quarto ou quinto ano das universidades. Os melhores alunos geralmente se interessavam e se dirigiam para o mestrado. O encanto desses alunos com nova perspectiva de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) adotada pelo Programa era impressionante. Ou seja, existe gente, como é de se esperar, com essa expectativa e com essa vocação em todo

lugar do mundo. Eram alunos excepcionais, eles faziam mestrado na COPPE e depois iam para o exterior fazer o doutorado.

Antes de falar um pouco do setor industrial, gostaria de tecer alguns comentários sobre a organização da pós-graduação. Quando começamos com pós-graduação, oferecíamos exclusivamente o mestrado. Isso se prolongou durante vários anos e existe até hoje, primeiro o mestrado e depois o doutorado. Do meu ponto de vista, não existe isso, existe uma coisa só que é a pós-graduação, dividida em duas etapas. Alguém quer ir até um ponto e outro quer ir mais adiante, mas a pós-graduação é uma coisa só. Mas o que aconteceu na época? Pensávamos que não tínhamos formação suficiente e, por isso, decidimos começar com o mestrado e depois avançar para o doutorado.

O que aconteceu com a pós-graduação? Forçaram muito os mestrados, e acho que isso aconteceu em quase todas as áreas. Os mestrados tornaram-se quase doutorados e alongou-se demais o período de formação. Essa é uma coisa tão entranha que, vejam vocês, existe a bolsa de mestrado com um valor e a bolsa de doutorado com outro valor. Por que as pessoas recebem valores diferentes? Por que o valor precisa ser mais reduzido para o mestrado? Eu não vejo sentido nisso, uma bolsa de pós-graduação é uma bolsa de pós-graduação. Além disso, os doutorandos têm até mais oportunidade de obter recursos em outras fontes, quando participam de outros projetos etc. Isso permanece até hoje em nossa organização acadêmica, mestrado é uma coisa e doutorado é outra. Eu, particularmente, acho que precisamos rever isso, nós temos uma coisa só, que é a pós-graduação.

Década de 1970: a indústria

Antes da década de 1970, quem saía de uma empresa para se dedicar à universidade era considerado um alienado, como se o sujeito não soubesse nada do mundo em que estava

vivendo. Existia uma cultura anti-acadêmica e o imaginário vigente era de que isso não pegaria no Brasil. No entanto, a partir dessa década, com todas as críticas que se pode fazer a ditadura militar, começou a se formar uma nova cultura, que colocava ênfase no desenvolvimento autônomo do País. Foi no período da política de substituição de importações que começaram a aparecer certas atividades que deram origem a algumas empresas inovadoras que temos hoje no Brasil. Eu vou citar três casos que, a meu ver, são fundamentais.

Primeiro, o caso da Petrobrás. A Petrobrás havia instalado o seu centro de pesquisa na Ilha do Fundão. Quando começou a pós-graduação na COPPE, houve uma aproximação entre a Petrobrás e a COPPE. Depois a empresa acabou expandindo sua cooperação praticamente pelo Brasil inteiro, mas estas atividades tiveram início com a COPPE. A partir dessa cooperação, foram gerados não apenas novos desenvolvimentos tecnológicos, mas também formação de pessoal. Talvez a Petrobrás tenha sido a empresa que mais contratou pesquisadores formados nas universidades brasileiras. Dessa forma, ela internalizou esse potencial e hoje temos como resultado, por exemplo, a fantástica capacitação do País na exploração de petróleo em águas profundas. Vocês podem ter certeza de que 90% desta capacitação foi fruto da cooperação entre universidade e empresa.

Segundo, o exemplo da EMBRAER, que surgiu a partir dos desenvolvimentos tecnológicos gerados no ITA. Este Instituto de Tecnologia, com um foco bastante concentrado na área aeronáutica, foi um dos precursores da idéia de universidade que temos hoje no Brasil. Os primeiros projetos inovadores foram feitos dentro do ITA e deram origem a EMBRAER. Esta empresa, que no início era estatal e depois foi privatizada, se transformou posteriormente em uma das líderes mundiais em sua área de atuação.

Por que a indústria automobilística não começou assim? Vocês acham que, se nós tivéssemos feito alguma coisa pela indústria automobilística nos anos 1960, não teríamos hoje alguns veículos com a nossa marca, aproveitando álcool com mais eficiência desde aquela

época? Um motor a álcool foi desenvolvido no ITA há muitos anos atrás e, no entanto, o que se fez no início foram apenas algumas adaptações de um motor à gasolina pelas multinacionais.

Não sei se vocês sabem, mas esse câmbio automático, que chegou a pouco tempo no País e que nos Estados Unidos é praticamente o padrão, foi descoberto no Brasil. Isso aconteceu mais ou menos na década de 1930. Quando a General Motors se aproximou do inventor brasileiro, a empresa lhe disse: “- O que você quer? Eu posso lhe dar 10 mil dólares ou um dólar por cada carro vendido com esse sistema”. Ele preferiu os dez mil dólares, e acho que fez um mau negócio. Foi isto o que aconteceu. Então a patente foi registrada e depois modificada, porque o primeiro modelo sempre tem alguns defeitos que precisam ser corrigidos.

Nessa época, e nas décadas anteriores, não havia nenhum tipo de apoio para um desenvolvimento tecnológico genuinamente nacional. A Gurgel, por exemplo, tentou insistentemente desenvolver um carro brasileiro e não obteve êxito. E eu vivi um pouco dessa época no MCT e, da minha parte, tentei dar todo o apoio ao Gurgel. Mas haviam pessoas completamente negativas ligadas ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio. Atualmente este mercado já está totalmente dominado pelos europeus, japoneses e americanos, e é inútil tentarmos entrar nesse jogo, pois vamos perder. Tem uma exceção, que é o caso a Coreia, mas isso foi há bastante tempo. A Coreia não tinha nada na área da indústria automobilística, optou por outra linha, e hoje nós importamos carros desse país. No caso brasileiro, houve uma visão muito estreita de vários setores da indústria.

Temos, apesar disso, algumas exceções, como os casos da EMBRAER e da Petrobrás, que citei anteriormente. Temos também o caso da EMBRAPA, sobre o qual não vou falar, mas que se beneficiou muito da cooperação Universidade-Empresa. Se hoje nós cultivamos soja no Nordeste, nas zonas mais próximas dos trópicos, isso se deve ao desenvolvimento da

EMBRAPA. Temos outras indústrias da Região Sul, principalmente a Vega e a Embraco, que começam, nessa época, uma forte cooperação com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que tem um excelente programa de engenharia mecânica e elétrica. No entanto, a maioria das empresas privadas permanecia com uma mentalidade focada apenas na importação de tecnologia.

Agora vou contar outra história, que aconteceu um pouco mais adiante na PROMON. Naquela época, por motivos que eu não vou comentar (pois envolvem particulares e problemas com a própria instituição), eu saí da COPPE e passei quatro anos na PROMON. Neste período, aconteceram dois fatos que revelam muito a atitude que se tinha nas grandes empresas.

Logo no meu primeiro dia de trabalho na empresa, reunimos um grupo para tratar de um problema complicado para resolver na Usina Nuclear de Angra 1. Eu era recém contratado e disse: “- Bom, temos esse problema e quero saber se algum dos engenheiros que estão aqui têm alguma solução”. Um deles levantou o braço imediatamente, era um bom rapaz, e até um bom engenheiro. Eu perguntei qual era a sua sugestão e ele respondeu: “- Vamos contratar um consultor estrangeiro”.

A resposta desse engenheiro revela um pouco essa coisa fantástica que é a falta de coragem de atuar num problema novo. Hoje em dia não contratamos mais consultores estrangeiros, discutimos mais e conseguimos fazer. A empresa até deu um apoio muito grande. Vale dizer que a PROMON foi uma das poucas empresas que, realmente, tentou implantar um desenvolvimento científico e tecnológico no País.

Na época, a empresa acabou efetuando a contratação externa da Westinghouse para nos ajudar a resolver os problemas da usina. Nós tivemos que lutar muito para implantar as novas tecnologias, relativas aos projetos de equipamentos nucleares, cujas técnicas estavam sendo desenvolvidas na COPPE, na PUC do Rio Grande do Sul e no sistema universitário

brasileiro, que já tinha conhecimento e tecnologia para fazer isso. Mas as empresas de fora diziam: “- Não. Nós queremos colocar é a nossa tecnologia”. Ou seja, de fato, sempre houve uma tentativa de impor a tecnologia dominada por outros países. Mas a PROMON, naquela época, bateu o pé, e nós conseguimos implantar aquilo que foi desenvolvido nas universidades brasileiras. Este foi um ganho enorme e ainda é uma alegria, inclusive, para os próprios pesquisadores.

Na década de 1970, portanto, a situação era essa. Enquanto, por um lado, havia um grande desenvolvimento em determinados setores, a partir da pesquisa e da formação de recursos humanos, por outro lado, em outros setores as empresas ainda se mantinham afastadas e não acreditavam muito nas possibilidades e no ganho que isso representava. Sempre houve uma busca de retorno a curtíssimo prazo. O que aconteceu um pouco mais adiante? Eu acho que muitos de vocês lembram-se do período de inflação disparada, em que havia aquelas aplicações financeiras, *overnight* etc. As empresas ganhavam mais com estas aplicações do que com projetos de engenharia. A partir de então, a questão financeira passou a prevalecer sobre a questão do desenvolvimento técnico e houve um abandono do investimento em P&D.

A expansão da Pós-Graduação

Agora vou falar um pouco sobre o processo de expansão da pós-graduação no País. A partir de meados da década de 1970, houve uma grande expansão da pós-graduação, não apenas nas áreas da engenharia, mas em todos os setores do conhecimento - nas áreas das ciências básicas e das ciências humanas e sociais. Eu falo um pouco do que houve no Rio de Janeiro, tanto na COPPE como na PUC-RJ, que eu conheço mais, mas essa expansão atingiu todo o sistema federal de Educação Superior. Quero acentuar, principalmente, os casos das Universidades Federais de Santa Catarina, do Rio Grande do Sul, de Minas Gerais e a da

Universidade Federal de Pernambuco, na Região Nordeste, que foram aquelas que se beneficiaram desse processo num primeiro momento, mas depois isso se expandiu para várias outras universidades.

Neste período, houve um florescimento das atividades de C&T no Brasil. As associações científicas começaram a se consolidar, realizando congressos e simpósios de forma continuada, e surgiram diversas revistas especializadas. Desse modo, se ampliou a comunicação no campo acadêmico e a divulgação dos resultados da investigação científica. Tiveram início, também, os processos de avaliação da pós-graduação, realizados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Vários dos senhores conhecem o processo de avaliação realizado pela CAPES e acho que ele reflete certo complexo de inferioridade, característico de um povo colonizado, que insiste em permanecer em nossa cultura. Por que, até hoje, a CAPES atribui conceitos diferenciados para publicações em revistas nacionais e internacionais? O que isso significa? O que significa internacional? Mesmo que haja algumas revistas brasileiras classificadas no sistema de avaliação da agência com conceito “A”, equivalente aos dos periódicos internacionais, essa diferenciação não tem nenhum sentido. A revista ou é boa ou não é boa, quer dizer, tem penetração, tem um comitê editorial etc.

Essas coisas estão mudando um pouco, mas, durante muito tempo, era isso mesmo, para as revistas internacionais um conceito e para as nacionais outro. O que se publica aqui não tem o mesmo valor do que se publica lá fora. Eu ouvi o seguinte de vários professores e pesquisadores estrangeiros, que vieram aqui para participar de certos comitês de avaliação: “- Se vocês mesmos não valorizam o que fazem aqui no País, ninguém vai valorizar”. Novamente, trata-se de uma espécie de espírito de colonizados que nós temos.

Eu gostaria de comentar também o encerramento da primeira fase da COPPE, que compreendeu o período entre os anos 1970 e 1975. Trata-se de uma coisa dolorosa, mas acho

isso tem que ser registrado. Em 1975, o professor Alberto Coimbra, que já fazia quase doze anos como Diretor da COPPE, foi denunciado como uma pessoa incompetente do ponto de vista administrativo e quase foi preso. Pode-se dizer que isto ocorreu porque ele não obedecia a nenhuma das regulamentações e, de fato, ele pode ter exagerado um pouco, mas o que ele queria realmente era eficiência. Aquilo foi um grande golpe na universidade, principalmente na COPPE. Dessa forma, ele teve que se afastar e houve certo tumulto. Algumas pessoas saíram junto com ele e, naquela época, eu também saí, porque estava muito solidário com o Diretor.

O professor Alberto Coimbra foi denunciado por uma pessoa da própria instituição, que queria se candidatar ao cargo de Diretor. Neste momento, eu gostaria de citar outro nome importante da Escola do Engenharia, o professor Sidney Santos, que já faleceu e que também era professor da COPPE. Felizmente, o professor Sidney Santos disse: “- Não. Temos que preservar o que foi construído e esse não é um lugar para as pessoas começarem a brigar pelo poder”. Então ele assumiu a administração da COPPE durante alguns anos, uns dois ou três anos, até a situação voltar à normalidade. Nessa época, já havíamos iniciado na UFRJ uma tradição de ensino e pesquisa e, a partir de então, houve uma grande expansão da pós-graduação. Mas podemos dizer que este fato abalou um pouco a estrutura da Universidade, pelo menos durante algum tempo.

Os anos 1980 e 1990

Nos anos 1980 e 1990 surgiram novos recursos para a área de C&T e houve um maior financiamento para pós-graduação. Este financiamento ocorreu, principalmente, por meio do Ministério da Educação (MEC), do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e de suas agências de fomento, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Também houve um grande apoio das empresas

públicas, e de algumas empresas privadas, no co-financiamento da pesquisa universitária. Com isso, o País começou a se desenvolver.

Já falei um pouco sobre a resposta da indústria a essas políticas de C&T e podemos dizer que ela foi diversificada. Tivemos um grande apoio à P&D nas empresas públicas, como a Petrobrás, a EMBRAER e EMBRAPA, e também em algumas empresas privadas, como a VEGA e a EMBRACO. Entretanto, o mesmo não aconteceu em outras áreas.

A reserva de mercado implantada em vários setores, principalmente na área de informática, foi aproveitada apenas para a obtenção de ganhos de curto prazo e não foi absorvida pelas empresas como uma oportunidade de desenvolvimento. Desse modo, não houve, realmente, desenvolvimento científico e tecnológico. Protegidas da competição externa pela reserva de mercado, as empresas da área de informática simplesmente recorreram à importação de idéias de fora para fazer os circuitos aqui no Brasil. O resultado vocês conhecem, outro desastre, e o País perdeu a oportunidade de avançar tecnologicamente também nesta área.

Depois desse período, já nos anos 1990, veio a globalização. Quando a globalização chegou ao Brasil, ela não prejudicou muito as universidades que são hoje, talvez, o setor mais internacionalizado do País. Isto ocorre em virtude do histórico de cooperação das universidades com o exterior, com a formação de muita gente fora do País. Esse intercâmbio é absolutamente normal, não há grandes dificuldades. Mas para o setor industrial a abertura da economia foi um duro golpe, pois atingiu de forma indiferenciada setores com diferentes níveis de competitividade.

Houve uma desmobilização de várias empresas. Eu não trouxe os números aqui, mas quem se interessar pode consultar esses dados nos resultados da 3ª Conferência Nacional de C&T, que estão disponíveis no *site* do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). A indústria química, por exemplo, sofreu barbaramente. Mais de trezentas iniciativas de

empresas brasileiras de desenvolvimento de produtos químicos foram descontinuadas. Nessa época, portanto, houve um prejuízo enorme para alguns setores industriais.

Mais recentemente houve certa reação e as empresas começaram a perceber que, se elas realmente querem competir nos mercados, vão ter que adotar outra atitude. Na grande maioria das empresas, a cooperação Universidade-Empresa está sendo retomada com mais vigor e isto está sendo revisto e valorizado em todo o setor industrial.

Retomando a questão do setor universitário, eu quero fazer o seguinte comentário. Em minha opinião, todo o desenvolvimento que ocorreu na pós-graduação acabou permeando um pouco a graduação. Contraditoriamente, nós temos a seguinte situação. Alguns professores se dedicam à graduação e outros apenas à pós-graduação. É uma situação absurda e isso tem que acabar. Deve haver uma unidade, ou seja, não pode existir esse negócio de professor de graduação e professor de pós-graduação. O professor faz parte da mesma universidade e não podemos ficar separando essas coisas, pois deixamos de permear aquilo que é saudável para a própria graduação. A graduação e a pós-graduação não são duas coisas distintas.

Frente à valorização e ao movimento de elevação do financiamento que se deu à pós-graduação, infelizmente, esqueceu-se muito da graduação. Acho que isto acabou tendo algumas conseqüências que, se não são trágicas, poderiam ser muito melhores. Em alguns casos, o que se procurou fazer na graduação, no período compreendido entre os anos 1980 e 1990, foi apenas uma reforma curricular muito superficial, que não atendeu ao que se pode esperar para o futuro.

O século XXI

O que acontece no Século XXI? Aquelas iniciativas do setor industrial que, de certa forma, foram destruídas nos anos 1990 pelo processo de globalização, precisam ser

retomadas. Por exemplo, atualmente estou na Universidade Federal de Santo André, na região metropolitana de São Paulo. Eu não conhecia aquela região e para mim foi uma surpresa ver a enorme quantidade de fábricas fechadas, com seus prédios vazios. Ou seja, o que aconteceu na década passada foi um desastre para a indústria brasileira.

Eu conheço um industrial de São Paulo que tinha projetos fantásticos e que realmente investia em pesquisa cooperativa com o setor universitário. Mas com a abertura comercial, que ocorreu de uma maneira brutal e sem nenhum planejamento, ele disse: “- Bom, não dá para competir desse jeito”. Então ele vendeu a fábrica e me falou: “- Para mim foi ótimo o que aconteceu, pois aprendi a investir no mercado financeiro e agora estou muito mais rico”. Dessa forma, podemos observar que os empresários não se prejudicam individualmente, mas todo o setor industrial saiu fragilizado.

Agora vou falar um pouco sobre a universidade no Século XXI. O que nós podemos observar no setor universitário? Após um século de avanço acelerado da C&T, em que novos conhecimentos e inovações foram desenvolvidos de maneira cada vez mais rápida, a universidade fez apenas pequenas maquiagens e reformas, que não acompanharam a dinâmica desse processo de transformação. Quando eu falo de universidade, estou pensando tanto na graduação como na pós-graduação. A universidade não acompanhou esse processo de desenvolvimento científico e tecnológico e isso não pode continuar assim.

O grande avanço da C&T que ocorreu no século passado redundou naquilo que hoje chamamos de interdisciplinaridade. Por quê? Porque não existem mais disciplinas únicas, isoladas em seu próprio campo, as diversas áreas do conhecimento estão se fundindo – física, biologia, química, matemática, engenharia, sociologia, psicologia etc. Por exemplo, uma das grandes vertentes de pesquisa contemporânea ocorre na área da cognição. Como funciona o cérebro das pessoas? Como conhecemos a nós mesmos e a realidade ao nosso redor? As

pesquisas realizadas nesta área envolvem uma enorme quantidade de competências e a universidade não acompanhou essa questão. Precisamos, portanto, que isso se seja revisto.

Primeiramente, gostaria de ressaltar que a organização da universidade em departamentos isolados é totalmente obsoleta. Em segundo lugar, a graduação e pós-graduação devem caminhar juntas, pois o ensino, a pesquisa e a extensão são a mesma coisa em ambos os níveis de ensino. Finalmente, a universidade tem que acompanhar o processo de multiplicação de novas profissões, que não estão definidas no papel, mas que exigem dos estudantes competências cada vez mais diversificadas. Por isso, a universidade deve permitir que o próprio estudante constitua a sua trajetória acadêmica e profissional.

Tenho defendido muito essa idéia de que a estrutura departamental está errada, falida, que ela vai criar custos que são impossíveis de serem sustentadas pela universidade, pois cada departamento vai querer ser interdisciplinar. Desse jeito, teremos diversos departamentos fazendo praticamente a mesma coisa. Isto é insustentável e não pode acontecer. Devemos, portanto, buscar um novo modelo de organização universitária que se insira no grande processo de desenvolvimento científico e tecnológico que ocorreu nos últimos cem anos.

Outra coisa que precisamos rever no Brasil é a banalização do conceito de universidade. A universidade tem que ter a sua identidade preservada. Por que todas as instituições de ensino superior querem se tornar universidades? Isto não precisa acontecer. O ensino superior constitui uma cadeia que tem vários tipos de vocação, e uma não é pior nem melhor do que a outra. Um bom curso de técnico ou tecnológico é igualmente importante para o País. As instituições que oferecem estes cursos não são universidades e isso não quer dizer que elas sejam piores do que as universidades. No entanto, a meta de desenvolvimento institucional de quase todas as instituições é ser universidade.

Se as coisas continuarem neste caminho vai acontecer uma banalização desse conceito e ninguém vai acreditar, inclusive quem vem do exterior, que aqui todas as instituições são universidades. Isso é muito estranho e não acontece na realidade. Precisamos, portanto, rever essa questão e dar nome aos bois. Ou seja, para ser uma universidade a instituição tem que atender as exigências relativas a este título e arcar com as responsabilidades que lhes são inerentes. As outras instituições terão sua inserção na sociedade de uma maneira muito mais clara e continuarão exercendo um importante papel para o País.

Vou falar um pouco da questão do surgimento das novas profissões. Atualmente, as pessoas precisam ter iniciativa e liberdade de escolha para construir sua trajetória dentro da universidade. Elas precisam ser responsáveis por aquilo que querem e esta responsabilidade está associada a certo espírito de empreendedorismo. Os alunos terão que aprender que, ao entrarem para a universidade, não vão para nenhum curso específico e lá eles terão que fazer a sua própria trajetória. Eles vão ter que assumir esse risco e aprender, desde cedo, que vida é arriscada. É claro que os alunos devem ter algum tipo de orientação e também a possibilidade de voltar atrás dentro da universidade. Tudo bem se eles não terminarem o curso em quatro, cinco, ou seis anos. Que terminem em seis anos e meio, pelo menos eles terão revisto a sua trajetória.

Essa nova idéia de universidade é extremamente importante e muito difícil de ser implantada. Isto ocorre porque a academia é extremamente conservadora. Vai ser muito difícil transformar uma universidade já consolidada em uma nova universidade. No caso da Universidade Federal do ABC, temos a sorte de poder efetuar algumas dessas mudanças porque ela começou do zero. Dessa forma, as mudanças podem ser efetivadas a partir do novo grupo de professores responsáveis por sua implantação. Mas essa é outra história, outro contexto, muito diferente das universidades tradicionais.

Eu tenho observado um pouco o que está acontecendo em outros países, principalmente nos Estados Unidos, onde a universidade foi implantada de uma maneira realmente muito boa, muito coerente. Nos EUA eles também têm dificuldade para se ajustar a essa nova estrutura. A Universidade da Califórnia, por exemplo, tem sete ou oito *campi* excelentes - como Beckeley, Los Angeles, San Diego, Santa Bárbara, Davis etc. – e parece que não conseguiu fazer isso. Por quê? Há dois anos eles criaram uma nova universidade, a Universidade de Mercedes, num lugar até muito bonito. Esta nova universidade não possui departamentos em sua estrutura organizacional. No entanto, mesmo com essa inovação, eles não conseguiram extinguir os departamentos de seus *campi* mais tradicionais.

Acho que este último comentário nos dá uma dimensão das dificuldades que temos pela frente aqui no Brasil. É um processo realmente muito difícil, mas temos que caminhar neste sentido, senão vamos ficar, simplesmente, “a ver navios”.

Outra questão importante é a enorme expansão do sistema privado de ensino que ocorreu no País nos últimos anos. A maioria dos alunos está no sistema privado. Eu tenho fortes críticas a uma grande parte do ensino privado, porque a educação passou a ser vista como negócio e, se a educação é apenas um negócio, então ela tem outra lógica. Acho que este é um grave problema do sistema de educacional brasileiro, que deve ser cuidadosamente analisado. Existem algumas ofertas de ensino no sistema privado que, do meu ponto de vista, são escandalosas. Não podemos generalizar, pois tem muita gente séria, mas alguns casos são realmente escandalosos.

Mudando de assunto, gostaria de fazer um comentário sobre a questão do sufocamento legislativo. Voltando um pouco para o início da minha fala, quer dizer, aos tempos gloriosos da COPPE. Naquela ocasião, não havia legislação, ou seja, havia uma liberdade de escolha muito grande e isso permitiu que seguíssemos novos caminhos com maior eficácia. Houve exageros? Sim, temos que reconhecer que isto aconteceu. Mas tudo

ocorreu sem dolo, simplesmente foram tomados os caminhos considerados pertinentes para seguir adiante. Atualmente, temos uma legislação extremamente complicada e impossível de ser seguida e sustentada do jeito que está.

Vou lhes dar um exemplo da Universidade Federal do ABC, que ocorreu no início desse ano. Nós ainda estamos construindo o *campus* e, por enquanto, estamos funcionando em prédios alugados. Temos um grande prédio onde está concentrada a maioria das aulas e disciplinas. É um prédio de três andares, que não tinha elevador, tinha apenas o poço do elevador. Por um lado, a legislação determina que a Universidade disponibilize uma rampa ou elevador para atender as pessoas com dificuldade de locomoção, então, como Reitor, sou obrigado a por elevador no prédio. Por outro lado, existe uma lei que me impede de colocar o elevador porque o prédio não é patrimônio da União. Desse modo, eu teria, necessariamente, que violar uma das duas leis.

Se colocarmos o elevador, vão dizer que erramos porque o prédio não é da União e, neste caso, a Universidade não pode fazer benfeitorias, a não ser não tire o elevador quando sair. Mas vamos botar aonde? Ou seja, é uma coisa meio louca. Por outro lado, se não colocarmos o elevador, vão nos questionar porque tem pessoas com dificuldade de locomoção. Desse modo, erra aquele que é mais racional e põe o elevador. Por incrível que pareça, estamos sujeitos a esses questionamentos. Todos os reitores que conheço queixam-se do Tribunal de Contas da União (TCU) e da Controladoria Geral da União (CGU), porque estes órgãos olham muito mais os detalhes do que aquilo que é fundamental na gestão das instituições. Tem muita coisa que atrapalha e, por isso, acho precisamos de uma ampla revisão para simplificar a legislação.

Finalmente, vou falar um pouco sobre o processo de internacionalização da educação. Existe um movimento de internacionalização da educação que começou a ocorrer quando este campo de atuação passou para o setor dos negócios, ou seja, quando se tornou uma atividade

na qual os investimentos dão retorno financeiro. Dessa forma, podemos viver, no setor educacional, uma situação semelhante com aquela que ocorreu no setor industrial no início do período da globalização. Ou seja, poderemos ter uma época de educação globalizada, onde os países que têm mais tradição e investimentos nesse setor poderão impor as suas regras. Precisamos lutar contra esta tendência.

Não estou falando de limitar a cooperação internacional, pois acho que este tipo de cooperação é essencial. Pela minha vivência, acredito que um dos setores que tem mais capacidade de cooperação internacional é o setor universitário, porque ele está envolvido neste tipo de atividade há mais de trinta anos.

Mas precisamos levantar um pouco a cabeça e olharmos o que está acontecendo no mundo. Não podemos simplesmente ser absorvidos e virar meros reprodutores e divulgadores de conhecimento. Nós precisamos criar novos conhecimentos! É preciso que isso seja defendido com veemência e que tenhamos essa oportunidade. Particularmente, acho que essa é uma obrigação que nós temos como professores. Ou seja, temos que dar aos nossos alunos, aos nossos jovens, a oportunidade de exercerem a sua capacidade de criação e de se lançarem no mundo do avanço do conhecimento.

Esse é o resumo que eu queria fazer. Trata-se da história que presenciei ao longo da minha vida. Por isso, talvez eu tenha me centrado um pouco na UFRJ. De qualquer forma, acredito tudo o que ocorreu nas últimas décadas foi muito representativo. Eu queria ressaltar, como última palavra, talvez como desafio e como estímulo, que é fundamental que nós invistamos cada vez mais em educação. Não apenas do ponto de vista dos recursos, mas, sobretudo, em termos de dedicação. As pessoas que estão nas instituições de ensino e pesquisa devem se dedicar ao seu ofício de maneira apaixonada. Ser professor não é uma profissão como outra qualquer. As outras profissões também são nobres, não estou dizendo que são ruins, mas elas não exigem tanto essa paixão que existe no campo educacional.

Precisamos levantar a cabeça e dizer: "– Nós somos muito bons. Todos que estão aqui são muito bons, nossas universidades são excelentes e somos capazes de ser um País autônomo, que pode contribuir para o progresso da humanidade". Isso é muito importante. Eu costumo dizer que nós precisamos ter um Prêmio Nobel, ou seja, precisamos valorizar os nossos pesquisadores. Na Universidade Nacional da Coreia, por exemplo, existe uma grande praça com um pedestal sem estátua, que está reservado para o primeiro Prêmio Nobel coreano. São atitudes assim, com relação ao progresso do conhecimento, que nós precisamos desenvolver aqui no Brasil.

Para encerrar, quero agradecer ao Professor Barone pela oportunidade de poder prestar esse depoimento, que conta um pouco a história da minha vida, e agradecer também a presença e a paciência de todos vocês.

Obrigado!

Demanda de Recursos Humanos para a Indústria

Marcos Maciel Formiga³

Inicialmente, eu gostaria de saudar os membros do Conselho Nacional da Educação na pessoa da professora Clélia Brandão, Presidente da Câmara de Educação Básica, e dos demais Conselheiros aqui presentes, professora Anaci Bispo Paim, professora Maria Beatriz Luce e, especialmente, o professor Paulo Barone, coordenador desse simpósio.

O professor Barone teve a coragem de trazer o tema da formação superior no campo tecnológico para uma Casa que tem se descuidado um pouco dessa área. O Conselho Nacional da Educação é a “Casa dos Educadores” e, nesta condição, tem se preocupado muito mais com as questões relacionadas à ciência brasileira. Chegou a hora do CNE, e do Ministério da Educação, despertarem para a área tecnológica, que anda relativamente esquecida.

O Presidente da Confederação Nacional da Indústria (CNI), Deputado Armando Monteiro Neto, gostaria muito de estar com vocês aqui hoje. Isto, no entanto, não foi possível. Hoje é o dia mais difícil para o nosso Presidente ter uma participação externa, porque temos a reunião mensal da diretoria da CNI e todos os Presidentes de Federação estão aqui em Brasília para participar desta reunião. Quero ressaltar que a minha apresentação é a posição institucional da CNI com relação ao setor educacional, de forma geral, e com relação ao setor tecnológico, de forma particular.

A minha missão ficou muito facilitada, porque a CNI tem uma longa história de participação ativa no setor educacional. A CNI foi criada em 1938 e, portanto, já trabalha com educação há quase setenta anos. O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), por exemplo, foi criado em 1942 e é uma das grandes referências nacionais em termos tecnológicos. O SENAI é o maior produtor de serviços tecnológicos do Brasil e isso é reconhecido, inclusive, por quem é da área. Também temos o Serviço Social da Indústria (SESI),

³ Assessor da Confederação Nacional da Indústria (CNI).

criado em 1946, que cuida da parte de educação básica, saúde, bem-estar e lazer dos industriários. Por último, temos, mais recentemente, o Instituto Euvaldo Lodi (IEL), que cuida da educação executiva e da capacitação de gerentes, dirigentes e diretores do setor industrial.

Há, portanto, por parte da CNI, uma simbiose nos assuntos relativos à educação, que vai desde a educação básica até a pós-graduação. Hoje temos, por exemplo, dez cursos de mestrado espalhados pelo País, organizados e dirigidos pelo SENAI, quase todos constituídos a partir da demanda do setor industrial e com perfil tecnológico. Dessa forma, a CNI possui algumas décadas de trabalho na área educacional e tecnológica. Temos alguns documentos referenciais e eu selecionei quatro deles, apenas os últimos, elaborados no período de 2004 a 2007, para mostrar quais são os eixos centrais da participação da indústria brasileira nessa área.

Queremos deixar bem claro a posição da CNI de que precisamos cada vez mais de recursos humanos com formação superior. Certamente, os profissionais que atualmente estão saindo das instituições de ensino superior, principalmente das engenharias, que é a área com a qual temos mais aproximação, estão muito distantes do profissional demandado pela indústria. Ao longo dessa conversa, vocês vão entender porque a indústria está tão preocupada com a crise generalizada da engenharia brasileira.

O mapa estratégico da indústria (2007-2015)

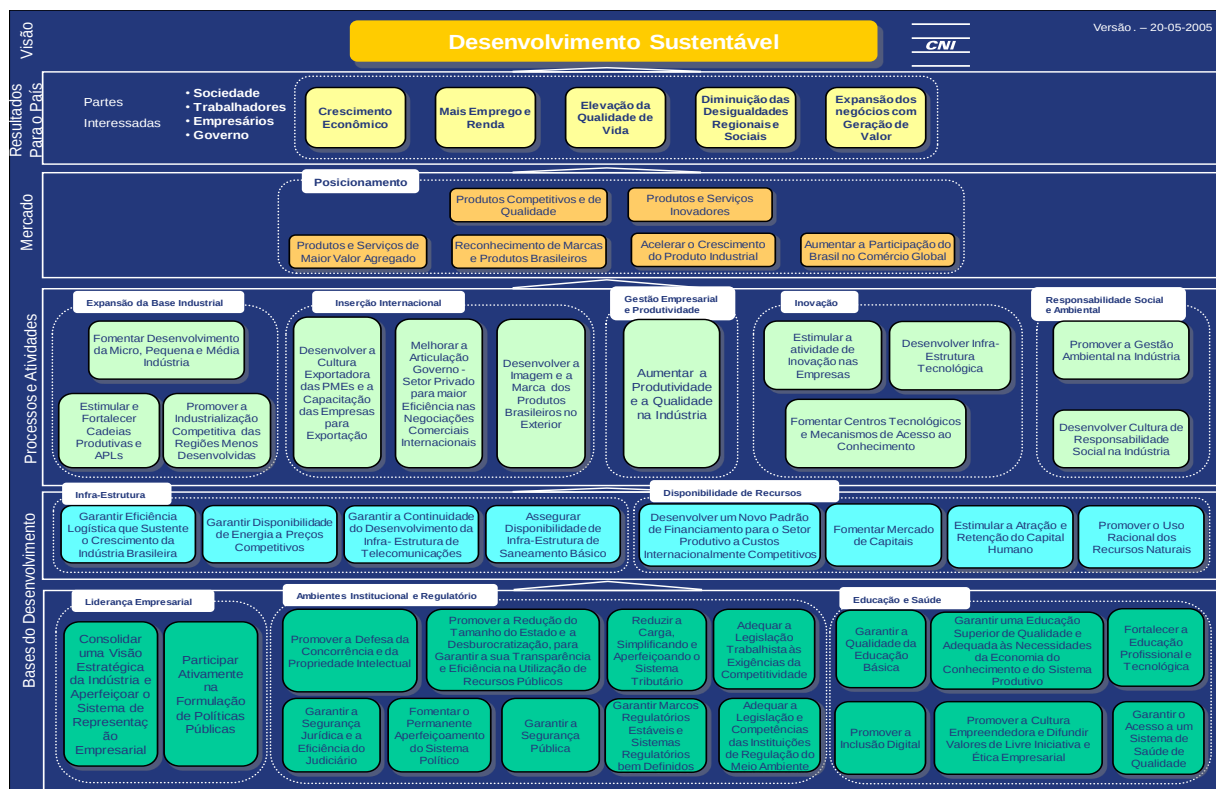
A primeira referência é o mapa estratégico da indústria, que é uma visão sobre o futuro da indústria e do País, para o período de 2007 a 2015. O mapa identifica as prioridades estratégicas do setor industrial e define um sistema de gestão para acompanhar a implementação destas prioridades.

Em 2004, o Presidente da CNI, Deputado Armando Monteiro, fez uma consulta às federações para tentar mapear qual seriam as perspectivas de médio prazo da indústria no futuro próximo. A partir dessa consulta se estabeleceu a metodologia *Balanced Scorecard* (BSC) para a elaboração do referido mapa, que é uma ferramenta de planejamento estratégico desenvolvida pela Universidade de Harvard, dos Estados Unidos.

Vou fazer um pequeno comentário para vocês terem uma idéia de *timing*. Naquela ocasião, a indústria fazia o seu planejamento estratégico e o Governo Federal estava iniciando o programa Brasil em Três Tempos, que visa estabelecer as metas e possibilidades do País em 2007, 2015 e 2022. Por isso, convidamos alguns membros da equipe do então Ministro da Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica (Secom), Luiz Gushiken, para fazer uma exposição na CNI.

Ficamos entusiasmados com aquela preocupação do governo em tentar dar uma dimensão de planejamento de longo prazo ao País, o que não ocorria há pelo menos 25 anos. Enquanto nós começávamos nosso de planejamento, em seis meses já estava definido o Brasil em Três Tempos. Lamentavelmente, ainda hoje o programa não passa de uma intenção não financiada. A forma de como o setor público encara o planejamento estratégico é muito diferente do setor privado, que leva muito a sério essas questões.

O BCS é uma técnica muito conhecida e utilizada com familiaridade pelo pessoal da área de planejamento estratégico, administração e do setor financeiro. Ele é muito divulgado no Brasil e, freqüentemente, encontramos a oferta de cursos sobre a BCS para profissionais interessados em melhorar os sistemas de gestão, principalmente das empresas. Essa ferramenta envolve um processo participativo de construção da visão de futuro da organização, com foco na implementação de sua estratégia, a partir da definição de metas, indicadores de desempenho e responsabilidades.



As etapas para a construção do mapa estratégico envolvem a definição das competências essenciais da indústria, as tendências de futuro, os desafios estratégicos para o setor e os pilares da estratégia de desenvolvimento industrial. Todos estes elementos são conceituados nos objetivos estratégicos do mapa, para os quais são definidos indicadores, metas e programas estratégicos. Tudo é bem quantificado e o monitoramento é realizado mês a mês. Não é apenas uma carta de intenções, é um documento que nos permite monitorar de perto todos os objetivos para saber onde estamos acertando, e cumprindo as metas, e onde precisamos corrigir nossa rota.

Em síntese, a grande meta do nosso planejamento estratégico é inserir a indústria no desenvolvimento sustentável o País. Para que isto ocorra, temos uma série de pré-condições. Entre os fundamentos do mapa estratégico, na parte relativa ao desenvolvimento social, destacamos a importância da educação e da saúde. A educação foi escolhida, pelos próprios empresários, como um dos pilares do desenvolvimento industrial. A partir desse pilar, temos

algumas aplicações imediatas nas áreas da Educação Básica, da Educação Superior e da Educação Profissional e Tecnológica.

Já que estamos no Conselho Nacional de Educação, gostaria de chamar atenção para o fato de que a Engenharia precisa dar mais apoio para a área tecnológica e para os cursos superiores de tecnologia. Estes cursos são pouco prestigiados e há certa desconfiança, certo preconceito, com os tecnólogos. Todas as nações que hoje possuem tecnologia de ponta precisaram, para se desenvolver, não apenas de bacharéis, mestres e doutores, mas também de pessoal com nível intermediário, técnicos e tecnólogos.

Precisamos, portanto, formar uma cadeia completa de conhecimento. A Engenharia, a área tecnológica, não deve pensar apenas em termos de terminalidade. Existem estágios intermediários que são complementares e fundamentais ao processo de desenvolvimento tecnológico. O professor Bevilacqua falou muito bem sobre isso em sua aula magna. Ele ressaltou bastante a questão da universidade e eu gostaria de citar o caso do profissional que não tem curso superior. A universidade é uma terminalidade, mas não é a única e não deve ser exclusiva.

Na Alemanha, por exemplo, a diferença entre os técnicos e os profissionais formados na universidade é muito reduzida. Neste país, a formação de um técnico no nível pós-médio pode durar até oito anos, sem que ele faça universidade. Vejam, esses oito anos de escolaridade além do nível médio dão a esse profissional um diferencial de competência muito próximo daquele do engenheiro formado na universidade. É esse tipo de valorização que o Brasil ainda não conseguiu dar para seus técnicos e tecnólogos. Temos hoje, no País, apenas 0,4 técnicos para cada engenheiro. Nos países desenvolvidos essa relação chega a quase 0,8 técnicos por engenheiro. Precisamos, portanto, crescer muito na parte intermediária do setor tecnológico.

A promoção da inovação tecnológica é outra grande meta do mapa estratégico da indústria. Quais são os nossos objetivos e como incentivar a inovação? Os principais objetivos são: estimular a atividade de inovação nas empresas; desenvolver infra-estrutura tecnológica; fomentar Centros Tecnológicos e outros mecanismos de acesso ao conhecimento. Para alcançar estes objetivos temos algumas metas quantitativas, como, por exemplo, elevar a taxa de investimento privado em inovação - de 0,6% do Produto Interno Bruto (PIB), referente ao ano de 2007, para 0,8% em 2010, e 1,4% em 2015. Ou seja, ao estabelecermos metas para cada período, podemos verificar se estamos cumprindo essas metas, com o intuito de efetuar as devidas correções em tempo hábil.

A indústria tem certeza de que, no mundo globalizado, não é possível galgar um patamar de qualidade e de competitividade internacional sem um forte componente de inovação. Por isso, para a área de inovação, temos uma série de programas voltados para: (i) Integração Empresas/Centros de Conhecimento; (ii) Extensão Tecnológica Industrial para Micro e Pequenas Empresas; (iii) Modernização dos Centros Tecnológicos e Focalização nos clientes; (iv) Modernização/Expansão da Rede Prestadora de Serviços de Tecnologia Industrial Básica; (v) Estímulo à Proteção da Propriedade Intelectual das Empresas; (vi) Desenvolvimento de Empresas Júnior e Incubadoras; (vii) Reformulação do Sistema de Apoio à Inovação (Tratamento Fiscal e Soluções de Financiamento).

Por último, é importante ressaltarmos algumas características do processo de inovação. Embora a maior parte do trabalho de criação e invenção aconteça nas universidades e centros de pesquisa, o *locus* privilegiado da inovação não é a academia, e sim o setor empresarial. A maior parte das inovações tecnológicas é gerada nas empresas. Por isso, a definição de novas estratégias de investimento para o setor industrial ganha cada vez mais relevância. Não podemos esquecer, no entanto, que a articulação entre Governo, Academia e

Empresa, chamada de Tríplíce Hélice, é um componente fundamental para a efetivação do processo de inovação.

Como nos lembrou muito bem o professor Luiz Bevilacqua, em sua exposição anterior, nos últimos cinquenta anos consolidamos uma forte base científica, mas temos apenas algumas ilhas de competência na área tecnológica. Pegando os três exemplos citados pelo professor Bevilacqua, eu diria que temos competência tecnológica no ar, na terra e no mar. No ar, a partir dos desenvolvimentos gerados no Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), que permitiram o surgimento da EMBRAER e a consolidação da nossa indústria aeronáutica, que já é a terceira do mundo. Na terra, devido ao competente papel desempenhado pela EMBRAPA, que permitiu que o Brasil se tornasse um dos líderes em *commodities* do agronegócio. E no mar, em virtude do trabalho vitorioso da Petrobrás, com o importante apoio, em seu início, da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE). Em decorrência deste fantástico trabalho, o País atualmente é líder mundial na área de pesquisa e exploração de petróleo em águas profundas.

Principais Metas para o Brasil			
MAPA ESTRATÉGICO DA Indústria 2007-2015			
Indicadores	2007	2010	2015
Crescimento do PIB	5,5% a.a. (Taxa média até 2010)		7,0% a.a. (taxa média de 2010 a 2015)
Crescimento do PIB Industrial	7% a.a. (taxa média até 2010)		8,5% a.a. (taxa média de 2010 a 2015)
Índice de Produtividade da Indústria	Crescer 4% a.a	Crescer 6% a.a	Crescer 6% a.a
Taxa de Desemprego	9,0%	7,0%	6,0%
Total de Exportações de Bens e Serviços / PIB	22%	25%	30%
Crédito/PIB	Alcançar 40% (até 2010)		70%
Spread Bancário	Alcançar 20% (até 2010)		10%
Taxas Real de Juros	Alcançar 6% (até 2010)		4% (até 2015)
Carga Tributária	33%	30%	27%

 **CNI**
Fórum Nacional da Indústria

MAPA ESTRATÉGICO DA Indústria 2007-2015					
Primeiro Balanço das Metas (cont.):					
Indicadores	Fonte	Observações mais recentes	2007	2010	Situação
Carga Tributária	Receita Federal	34,9% (2003) 35,9% (2004) 37,3% (2005*)	33%	30%	distanciando da meta
Oferta de Energia	Ministério de Minas e Energia	5,4% (2003) 6,3% (2004)	Crescimento médio de 7% a.a. Período até 2010		convergindo para a meta
Investimento em Infra-estrutura dos transportes / PIB	Ministério dos Transportes	0,09% (2003) 0,11% (2004) 0,11% (2005*)	0,45%	0,50%	distante da meta
Domicílios atendidos por Rede Coletora de Esgoto	PNAD/IBGE	48% (2003) 48% (2004)	52%	60%	distante da meta
Investimento privado em inovação / PIB	MCT	0,4% (2003)	0,6%	0,8%	sem atualização
Pisa	OECD	368 (2001) 383 (2003)	Alcançar nota 486 (Espanha em 2001) até 2015		sem atualização
Domicílios com acesso a Internet	PNAD/IBGE	11,4% (2003) 12,2% (2004)	18%	25%	convergindo para a meta
Renda per capita (PPP)	Banco Mundial	7.510 PPP (2003) 8.020 PPP (2004)	Alcançar 12.000 PPP até 2015		distante da meta (dados do PIB de 2005 sinalizam mau desempenho desse indicador)
GINI	PNAD/IBGE	0,545 (2003) 0,535 (2004)	0,54	0,52	já atingiu a meta
IDH	PNUD	0,790 (2004) 0,792 (2005)	0,80	0,83	convergindo para a meta

Nas duas tabelas que vocês visualizaram, temos as principais metas do mapa estratégico da indústria para o Brasil. Podemos observar algumas mudanças no índice de Gini, que é um indicador de desigualdade social, e nós estamos conseguindo avançar um pouco na redução das desigualdades existentes no País. Também temos o PISA, que é um indicador elaborado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), com o objetivo de avaliar a situação da educação básica em diversos países. Nesta área, infelizmente, estamos numa situação lamentável. A proposta do setor industrial é chegarmos ao padrão educacional da Espanha até o ano de 2015, o que é bastante razoável. A partir de indicadores dessa natureza, podemos estabelecer algumas metas para a educação brasileira como um todo.

Vocês podem perceber que a indústria não está pensando apenas em si mesma, mas procura se inserir no desafio maior de promover o desenvolvimento sustentável do País. Em decorrência do tempo disponível, não vou detalhar todas as metas. Quem tiver interesse pode

consultar o documento, que está disponível no *site* da CNI. Se alguém tiver dificuldade para baixá-lo no computador, também temos a publicação impressa, e teremos muito prazer em enviá-la diretamente aos interessados. Esse planejamento é uma espécie de cabine de comando, onde temos uma série de comandos que precisam ser atentamente realizados, dirigidos e controlados. Portanto, dentro do sistema CNI, o mapa estratégico nos deu régua e compasso para atuar nas diversas áreas do setor tecnológico.

Contribuição da indústria para a Reforma da Educação Superior

O segundo documento que gostaria de apresentar para vocês é a *Contribuição da Indústria para a Reforma da Educação Superior*. Este documento foi elaborado quase paralelamente ao *Mapa Estratégico da Indústria*, e surgiu a partir de um convite feito pelo próprio Ministério da Educação (MEC). Em 2004, o MEC estava discutindo a Reforma da Educação Superior e solicitou oficialmente à CNI uma colaboração. Levamos muito a sério o convite e ficamos preocupados em apresentar uma contribuição significativa do setor industrial que, embora não seja efetivamente acadêmico, tem uma forte intercessão com a academia.

No processo de elaboração do documento, fizemos tanto pesquisa quantitativa como qualitativa, e consultamos todas as Federações de Indústria. Também Fizemos rodadas regionais em cada macro-região do País, em que foram levantadas as principais preocupações do setor industrial para a reforma da Educação Superior. No final desse processo, consolidamos todos os resultados nessa publicação, que tem algumas reflexões muito interessantes sobre o tema. Vejamos algumas delas.

Estágios do Desenvolvimento Econômico

Características	Estágios		
	Pré-Industrial, agrário	Industrial	Pós-Industrial, baseado no conhecimento
Setor Econômico Líder	● Agricultura	● Indústria	● Serviços
Natureza das tecnologias dominantes	● Trabalhos e recursos naturais intensivo	● Capital - intensivo	● Conhecimento - intensivo
Principais tipos de produtos de consumo	● Alimentos e vestuário artesanal	● Bens industriais	● Serviços de informação e de conhecimento
Natureza da maior parte dos processos de produção	● Interação homem-natureza	● Interação homem-máquina	● Interação homem-homem
Principais fatores de riqueza e crescimento econômico	● Produtividade da natureza (fertilidade do solo, clima, recursos biológicos)	● Produtividade do Trabalho	● Inovação (produtividade intelectual)

Partimos do pressuposto de que a indústria tem um grande desafio dentro da economia mundial. Conceitualmente, podemos distinguir três estágios no desenvolvimento econômico das sociedades modernas: o Pré-Industrial, o Industrial e o Pós-Industrial. No período Pré-Industrial, a agricultura dominou o processo de desenvolvimento econômico. A partir da Revolução Industrial, que ocorreu no final do século XVII e início do século XVIII, temos o período Industrial, com a fantástica expansão das atividades industriais como alavanca do processo de modernização acelerada das economias. Finalmente, a partir das três últimas décadas do século passado, o modo de desenvolvimento industrial entra em crise e temos o surgimento do período Pós-Industrial, com a chamada Sociedade da Informação e do Conhecimento. Neste último período, começa a se fortalecer o setor de serviços.

Temos, dessa forma, uma transição do modo de desenvolvimento agrário para o industrial e, mais recentemente, para o pós-industrial. A indústria precisa estar alerta para essas mudanças, porque temos uma forte ameaça de desindustrialização. Na exposição anterior, o professor Bevilacqua nos lembrou da crise que a indústria brasileira enfrentou nos anos 1990, com a brusca abertura da economia para concorrência externa. Felizmente,

superamos essa crise graças a uma série de programas de qualidade, produtividade, informatização, dentre outros. O fenômeno da desindustrialização atingiu vários de nossos vizinhos, entre eles a Argentina, o Uruguai e o Chile. A indústria brasileira reagiu a este fenômeno e, para não cair na cilada da desindustrialização, promovemos um processo constante de reestruturação.

Apesar do modesto desempenho da economia brasileira no período de 1980 a 2005, a indústria conseguiu manter taxas de crescimento superiores à média brasileira. Desse modo, ela esteve sempre alerta à necessidade de crescente capitalização e modernização. A reestruturação industrial atingiu todos os setores da economia, incluindo a agricultura, a própria indústria e o setor de serviços. Neste último segmento, a sofisticação industrial tem uma presença significativa, ou seja, os melhores serviços têm hoje um componente industrial muito forte. No caso brasileiro, não olhamos apenas a ameaça de desindustrialização. Temos, portanto, uma forma diferente de visualizar a indústria sob a ótica da sua real capacidade de recomposição e reestruturação.

No processo de elaboração do mapa estratégico da indústria, definimos algumas características do contexto contemporâneo. Por um lado, o conhecimento e a informação são hoje as principais fontes de valor agregado à produção. Por outro, a agilidade e a qualidade são elementos essenciais para a produtividade e a competitividade das empresas. Conseqüentemente, a promoção da inovação tecnológica se tornou uma estratégia chave para o desenvolvimento econômico das localidades, regiões e nações em um mundo cada vez mais competitivo e globalizado.

A partir desse cenário, estabelecemos os principais objetivos para o Brasil se inserir na Sociedade da Informação e do Conhecimento, entre os quais: (i) aumento da escolaridade média da força de trabalho; (ii) melhoria da qualidade da educação em todos os níveis; (iii) ampliação do número de matrículas na educação superior; (iv) fortalecimento das

universidades e instituições de pesquisa; (v) estímulo a interação Universidade-Empresa; (vi) desenvolvimento de oportunidades de aprendizagem ao longo da vida, para facilitar a qualificação e a re-qualificação continuada dos trabalhadores.

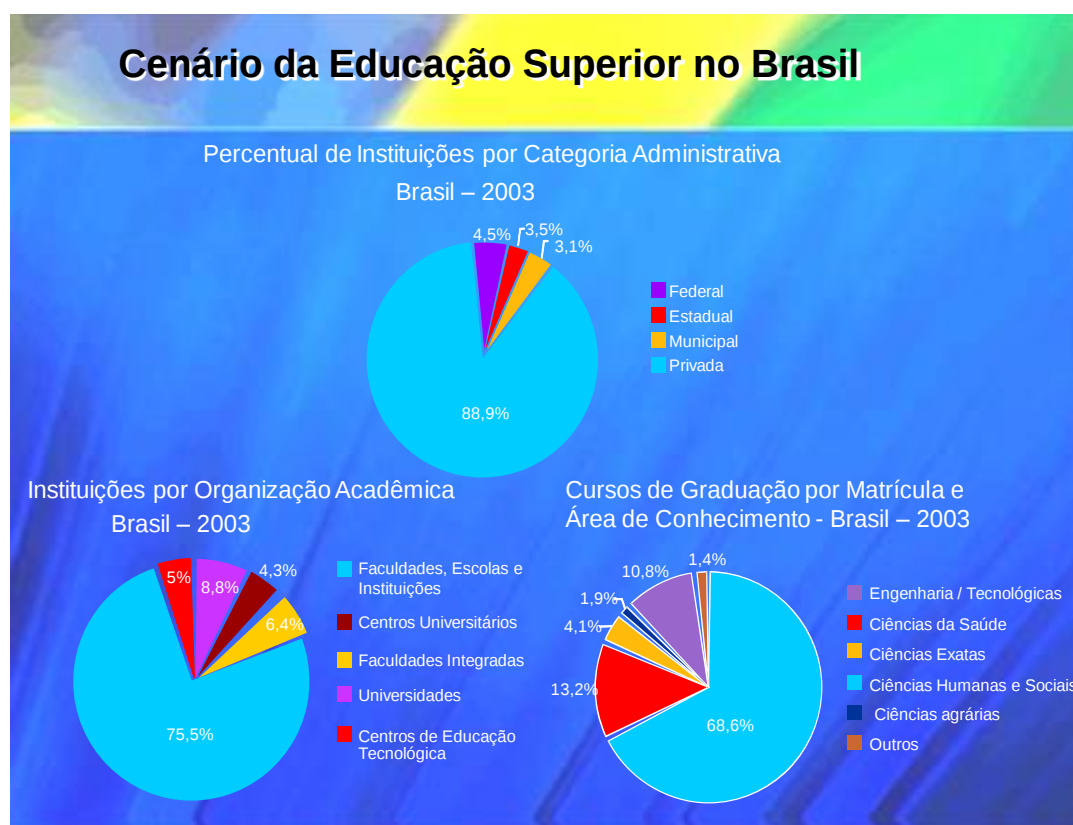
A realização desses objetivos é a luta dos nossos dias e a educação é o passaporte para que isso aconteça. Os principais desafios do País, relacionados com os pilares da educação e da inovação, são os seguintes: melhoria da qualidade da Educação Básica; fortalecimento da Educação Profissional e Tecnológica; adequação da Educação Superior às necessidades da sociedade e do sistema produtivo; promoção da cultura empreendedora no campo educacional; consolidação das práticas de educação continuada; fomento à inclusão digital; estímulo à atração e retenção de capital humano; incentivo às atividades de inovação nas empresas.

No Brasil, a tentativa de adequação da educação superior às necessidades do setor produtivo é uma coisa recente. Por exemplo, eu acompanhei de perto as diferentes gerações do Plano Nacional de Pós-Graduação (PNPG) e, na redação do primeiro documento, o setor produtivo não foi citado uma única vez. Na última versão do plano, equivalente ao 4º PNPG, há uma preocupação explícita com a promoção da articulação entre a política de pós-graduação e as prioridades da política industrial e tecnológica do País. Isso é um grande avanço, pois saímos de uma situação de alienação total para uma proposta de aproximação gradativa entre essas áreas.

Nos países que já resolveram seus problemas básicos de educação, a consolidação de práticas de educação continuada, o chamado *Life long learnin*, é uma das áreas onde mais se investe. Talvez em decorrência dos baixos índices de escolaridade, e das deficiências existentes em todos os setores da educação brasileira, nós sejamos muito vidrados na educação escolar. A educação escolar, no entanto, é apenas uma parte o sistema educacional. Os países que

atualmente lideram o desenvolvimento mundial investem mais na área da educação continuada do que na educação formal.

Com relação ao estímulo à atração e a retenção de capital humano, vale ressaltar que nós já vivenciamos o problema da evasão e perda de talentos. Muitos dos nossos melhores engenheiros encontram emprego facilmente nos países desenvolvidos, em virtude do atrativo representado por melhores salários e pela oportunidade de trabalhar no exterior. Como nos falou o professor Bevilacqua, essa atração é muito forte e fez com que, a partir dos anos 1990, o Brasil se tornasse exportador de recursos humanos altamente qualificados.



Fonte: Censo da Educação Superior (INEP/MEC, 2003)

Gostaria de apresentar para vocês um mapa sintético da organização da Educação Superior no Brasil, com a distribuição de frequência da natureza administrativa das instituições de ensino e das matrículas nos cursos de graduação. Com relação à distribuição das matrículas por grande área de conhecimento, chama atenção a concentração de quase 70% das matrículas na área das ciências humanas e sociais. Como venho desta área, fico muito à vontade para falar e discordar desse quadro. É um grande equívoco o que temos feito no Brasil, não precisamos ter mais de dois terços dos alunos de graduação em cursos de ciências humanas e sociais. Ocorreu uma falha no planejamento da Educação Superior e toda a sociedade é responsável por esse problema, incluindo o setor público e a própria sociedade civil, que não se movimentaram para mudar esse perfil de formação de recursos humanos, excessivamente inflado e concentrado na área das ciências sociais.

Fiz uma análise comparativa com alguns dos países que lideram o desenvolvimento científico e tecnológico mundial e constatei que, entre todos os países analisados, o Brasil tem a maior concentração de alunos na área das ciências humanas e sociais. Nos países desenvolvidos, e também nos países do Sudeste Asiático, podemos observar uma maior concentração de matrículas nas áreas da engenharia e nos cursos tecnológicos. O novo paradigma, que deve ser seguido como modelo, mostra que os países líderes optaram, com muita razão, pelo vetor tecnológico. É o vetor tecnológico que, mundialmente, dá sustentabilidade à competitividade da indústria. Se o Brasil não conseguir fazer a transição para o novo paradigma, pode comprometer a sua própria trajetória, ou seja, a de ser um dos poucos países em desenvolvimento que conseguiu se industrializar.

Atualmente, nossos pesquisadores são responsáveis por aproximadamente 1,5% da produção científica mundial. Isto faz do Brasil uma verdadeira potência científica, situado na 16ª colocação em termos de publicação de artigos em periódicos indexados internacionalmente. Este resultado foi alcançado através do trabalho realizado em nossas

universidades e institutos de pesquisa e do fomento concedido pelas agências de desenvolvimento científico e tecnológico, entre elas, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), o Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais (INEP) e as Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (FAPs).

A nossa participação na produção científica mundial é maior do que a nossa participação na produção de bens e serviços, na produção de *commodities* e nas exportações mundiais. Na final do Século XIX, o Brasil participava com 1% do Comércio Exterior e, após todo o Século XX, a nossa participação no comércio mundial cresceu apenas 0,1%. Desse modo, nossa pequena participação no comércio internacional está secularmente paralisada. Recentemente, temos melhorado os nossos saldos comerciais, mas a nossa participação continua sendo muito modesta. Isso prova que o fraco desempenho tecnológico do País trava o crescimento do nosso Comércio Exterior, pois as exportações mundiais são cada vez mais dominadas por bens e serviços intensivos em conhecimento.

De acordo com dados recentes divulgados na revista *The Economist*, em termos tecnológicos, o Brasil está em 53º lugar em uma lista de 60 países analisados. Desse modo, estamos numa situação de desenvolvimento tecnológico que requer uma verdadeira mobilização nacional. Talvez o CNE, ao despertar para o tema, faça com que o Ministério da Educação também pense nesse sério problema. Para reverter o quadro atual, as agências de fomento à pesquisa – especialmente a CAPES e ao CNPq, onde tive a honra de trabalhar – devem alterar os critérios de seleção das pesquisas apoiadas nas áreas da engenharia e nas áreas tecnológicas.

Há pouco tempo estive numa universidade federal para discutir o Programa da Nova Engenharia e quase todos os professores concordaram que devemos fazer uma crítica à falta da pesquisa tecnológica dentro de universidade. Um deles me disse: “- olha, se eu fizer um

projeto de desenvolvimento tecnológico, a minha chance de aprovação no CNPq é muito pequena. Eles querem que eu faça um projeto com cunho mais científico, quem é da engenharia sabe disso”. Podemos perceber que os professores estão sendo induzidos a centrarem seus esforços na área da pesquisa básica, em detrimento da área tecnológica.

Entre os critérios de seleção de projetos utilizados pelas agências de fomento, um *paper* publicado numa revista de prestígio internacional vale mais do que uma patente concedida no Brasil. Ou seja, os padrões utilizados pelas agências de fomento são perversamente contrários aqueles que querem fortalecer a pesquisa aplicada e o desenvolvimento tecnológico.

Retomando a questão anterior, chamo atenção para a matriz da Educação Superior no Brasil, demasiadamente concentrada na área das ciências humanas e sociais, tanto em termos de cursos, quanto em termos de número de alunos. Por que precisamos ter cerca de 640 mil alunos matriculados em cursos de direito e 580 mil alunos em cursos de administração? O pior é que a maior parte desses cursos não tem qualidade suficiente para garantir a inserção dos egressos no mercado de trabalho.

De acordo com estatística recente realizada em São Paulo, apenas 7% dos egressos dos cursos de direito conseguiu aprovação no exame da Ordem dos Advogados e 93% foi reprovado. Isso prova que a qualidade desses cursos é lastimável. Por outro lado, precisamos ter uma formação humanística, inclusive, nos cursos do campo tecnológico, mas não é inflacionando a formação de profissionais nas áreas das ciências sociais que conseguiremos atingir esta meta.

Na visão da CNI, os principais desafios da Educação Superior brasileira estão concentrados nas seguintes áreas de atuação do Estado, das instituições de ensino e da sociedade civil: (i) promoção da Educação Superior necessária ao desenvolvimento sustentável do país; (ii) regionalização das atividades ensino, pesquisa e de Ciência e Tecnologia (C&T); (iii)

existência de uma pluralidade de modelos institucionais; (iv) autonomia financeira, administrativa, gerencial e acadêmica das instituições; (v) desenvolvimento de novas práticas de gestão e de avaliação institucional; (vi) promoção de políticas e programas de certificação de competências; (vii) adoção de uma visão que valorize os conteúdos programáticos; (viii) promoção da interação Universidade-Empresa; (ix) incentivo à pesquisa aplicada e à inovação tecnológica.

A indústria não está satisfeita com a situação da Educação Superior no Brasil, com apenas 10% dos jovens de 18 a 25 anos matriculados no ensino superior. Vale ressaltar que o Plano Nacional de Educação (PNE) estabelece como meta elevar esse percentual para 30% até 2010. Para alcançarmos esta meta, pelos meus cálculos, deveríamos chegar a um volume entre onze e doze milhões de matrículas. A realidade demonstra que é impossível alcançar essa meta no período estabelecido. Dados recentes do Censo da Educação Superior, realizado pelo INEP, mostram que temos mais de um milhão de vagas ociosas nas instituições de ensino superior, quase todas no setor privado e nas áreas de humanas e sociais. Esses dados corroboram a crítica que a indústria faz à concentração de cursos nestas áreas.

A existência de uma pluralidade de modelos de instituições de ensino superior também é uma questão fundamental. Não adianta continuarmos pensando apenas no modelo universitário tradicional, chamado de “modelo humboldtiano”. Este modelo surgiu na Alemanha, no início do Século XIX, e foi adotado por diversos países, entre eles os Estados Unidos e a Inglaterra. Consideramos o modelo tradicional de universidade ótimo, inclusive o defendemos com garra, pois quase todos os países que se desenvolveram no campo científico e tecnológico ainda hoje utilizam esse modelo. Nestes países, no entanto, esse não é um modelo único, e não é desejável que assim seja. Nossa Constituição Federal cria uma verdadeira camisa de força ao estabelecer que toda universidade tem que exercer, necessariamente, as funções de ensino, pesquisa e extensão.

É possível que uma boa instituição faça apenas uma dessas funções sem nenhum problema. A realidade mundial mostra que o nosso modelo constitucional de universidade está ultrapassado e precisa ser revisto. A prova disso é que, mesmo no Brasil, apenas 8% das instituições de ensino superior são universidades. Ou seja, elas são exceção, e não a regra. De acordo com as últimas estatísticas do INEP, em um universo de 2.200 instituições, apenas 168 são universidades, sendo que, destas, 50% é do setor público e 50% do setor privado. O MEC insiste em falar sobre a “reforma da universidade brasileira”, mas, na verdade, estamos discutindo a reforma da Educação Superior, que ocorre, principalmente, fora das universidades.

O problema da autonomia é um objetivo constitucional que jamais foi alcançado. As próprias instituições públicas federais têm uma autonomia bastante controlada, e quem é Reitor conhece as limitações de seu espaço de manobra. Por quê? Porque o MEC centraliza a maioria das funções que deveriam ser exercidas pelo próprio Reitor. Isto também acontece no sistema paulista de ensino superior que, embora esteja um pouco mais avançando nessa questão, também está sujeito às interferências do Governo. Dessa forma, a autonomia ainda pode ser vista como “um sonho de uma noite de verão” dentro do sistema universitário brasileiro.

Com relação às políticas e programas de certificação de competências, sabemos que a nossa legislação já permite que isso ocorra, mas os avanços nessa área são totalmente insignificantes. Quando nos referimos às competências profissionais, estamos falando de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores que as pessoas obtêm ao longo de sua vida, no ambiente de trabalho, adquiridas de forma independente da educação escolar. Existem métodos muito acurados de se fazer a avaliação, verificação e certificação de competências profissionais. Quem quiser ver de perto um bom programa de certificação profissional pode conhecer a experiência desenvolvida pelo SENAI.

Em todo o mundo, as universidades que estão liderando a chamada revolução do conhecimento não trabalham mais com currículos fechados, e sim com conteúdos programáticos. Os currículos foram definitivamente desmontados. Os profissionais que ainda estão preocupados em montar currículos obrigatórios, estabelecer pré-requisitos para determinadas disciplinas etc., têm que mudar a sua forma de pensar e começar a raciocinar em termos de conteúdos essenciais para a formação dos alunos.

Temos exemplos de instituições reconhecidas internacionalmente que oferecem um “cardápio” aberto de disciplinas e os próprios alunos escolhem o seu “*menu*”. Na Inglaterra, muitos alunos hoje têm liberdade para compor a sua trajetória acadêmica em cursos superiores que não possuem uma terminalidade pré-estabelecida. Para estes alunos, o importante é o conhecimento adquirido ao longo de sua formação e não a habilitação para uma profissão específica.

No Brasil, algumas pessoas dão muito valor ao diploma, que é apenas um pedaço de papel. Para uma sociedade de raízes ibéricas, burocrática, cartorial e tradicionalista como a nossa, esse pedaço de papel vale muito. Muitos brasileiros vêem o diploma não apenas como um símbolo de *status*, mas também como um passaporte para progredir profissionalmente, ter acesso aos cargos públicos e alcançar um patamar mínimo de mobilidade social. Não existe nenhum problema em valorizar os certificados e os diplomas, mas não devemos nos submeter à ditadura de um pedaço de papel que, às vezes, não representa conhecimento adquirido e nem domínio de uma profissão.

A indústria tem travado um debate insistente com a sociedade sobre o desafio de promovermos uma maior interação entre empresas, universidades e instituições de pesquisa. A CNI vem participando, desde 2000, de eventos nacionais e mundiais sobre o modelo da *Tríplice Helix*, segundo o qual governo, academia e indústria devem se articular para promover projetos de pesquisa cooperativa. Uma pesquisa recente da CNI revelou que apenas 19% das

grandes indústrias brasileiras realizam, efetivamente, esse tipo de pesquisa. Existe todo um universo a conquistar com essa aproximação entre a academia e o setor empresarial. Para desenvolver novos produtos, processos e serviços, precisamos da colaboração das universidades e centros de pesquisa, que são responsáveis pela criação do conhecimento que, posteriormente, pode ser transformado em inovação pelas empresas.

Gostaria de lembrar o grande pioneiro do conceito de inovação, o economista austríaco Joseph Schumpeter, que afirmava que a inovação só é possível se o empresário realmente correr riscos e acreditar em sua ousadia. De acordo com o autor, “... o empreendedor é aquele que destrói a ordem da economia existente pela introdução de novos produtos e serviços, pela criação de novas formas de organização ou pela exploração de novos recursos e materiais”. Para fazermos inovação no País, a educação brasileira também precisa de muitas pessoas ousadas, como Darcy Ribeiro e Anízio Teixeira, que “destruam a ordem existente” e criem novas formas de organização. No fim de sua vida Darcy Ribeiro dizia: “- a história do Brasil é a história dos perdedores, mas eu prefiro estar ao lado dos perdedores”.

O sistema industrial recruta recursos humanos formados no Brasil e o perfil de formação dos egressos do ensino superior é muito criticado pelos empresários. Recentemente, estiveram na CNI três grandes empresários, Antônio Ermírio de Moraes, o Presidente de Vale do Rio Doce e o Presidente da Petrobrás. Todos afirmaram que precisam, cada vez mais, de novos engenheiros e engenheiras. A Petrobrás precisa de quinze mil engenheiros até 2010 e, lamentavelmente, os profissionais que estão saindo das faculdades não atendem aos requisitos necessários para trabalhar na empresa. A tendência dessas empresas é buscar um profissional de bom nível com perfil generalista.

Por exemplo, temos hoje pouquíssimos cursos de engenharia de minas e a oferta de mão-de-obra com este tipo de formação é bastante reduzida. A Vale do Rio Doce tem uma grande demanda por engenheiros de minas e está buscando gente até no exterior. O que eles

fizeram para suprir essa demanda? Na falta do especialista, eles pegam o engenheiro generalista de boa formação - na área civil, elétrica, mecânica, seja qual for - e dão um chapéu de engenheiro de minas para ele. Essa é a solução encontrada pela indústria. A universidade, portanto, tem de perder a idéia de que o profissional que ela lança no mercado é um produto fechado e concluído. O egresso do ensino superior é apenas um profissional com nível intermediário, que vai receber uma formação complementar e uma função específica no próprio ambiente de trabalho.

A indústria deve fortalecer o seu diálogo com o MEC para que a sociedade brasileira possa efetivar uma mudança significativa em sua matriz de formação de recursos humanos. Precisamos que o MEC olhe para o planejamento da Educação Superior no Brasil e não permita esse crescimento desordenado, inflacionário e injustificável da área de ciências humanas.

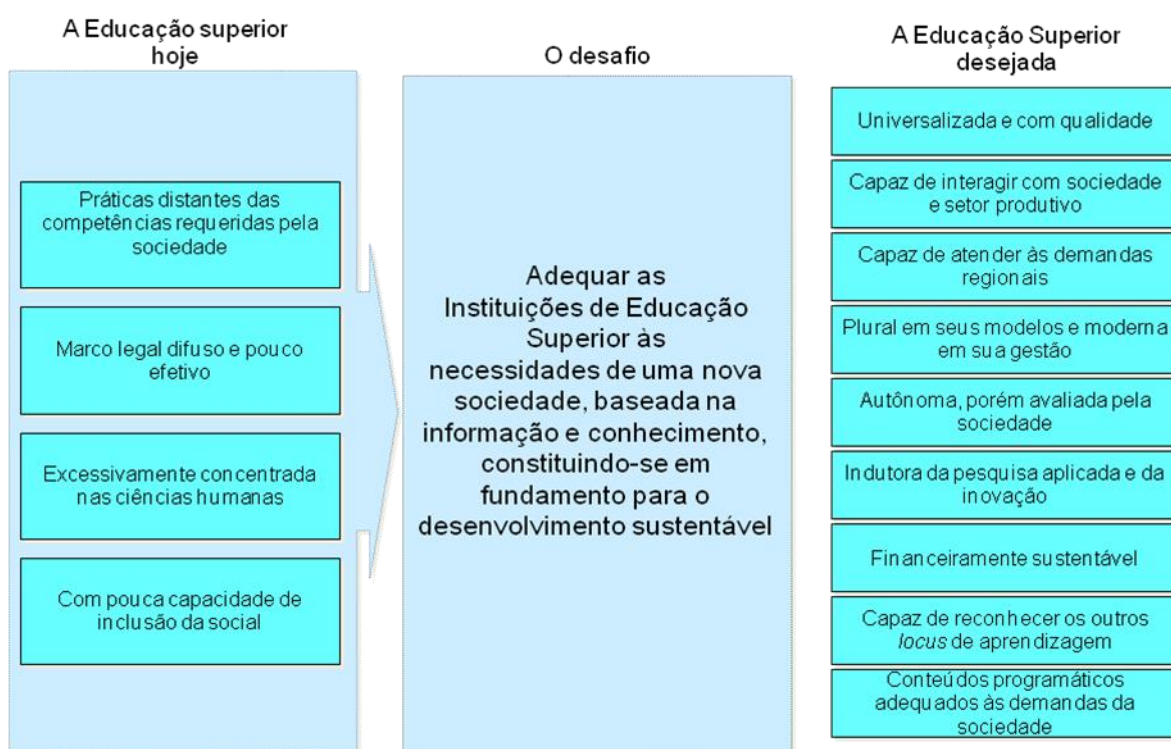
Essas são as principais expectativas da indústria para a Reforma da Educação Superior. Atualmente, a reforma é apenas um projeto que está dormindo no Congresso Nacional porque, no meu entender, começou errado e terminou errado. Precisamos da reforma da Educação Superior? Sem dúvida nenhuma. Mas o projeto apresentado pelo MEC está muito aquém do que é necessário para o País enfrentar os problemas da Educação Superior. O Brasil deve construir uma agenda estratégica para a educação como um todo, pois esta agenda, lamentavelmente, ainda não existe.

O principal desafio a ser enfrentado por essa agenda é corrigir a pirâmide invertida da educação nacional. De um lado, temos uma das melhores pós-graduações entre os países em desenvolvimento e, de outro, temos um dos piores sistemas de educação básica do mundo. Somos capazes de desenvolver o topo da pirâmide e, no entanto, ainda não conseguimos colocar todas as crianças na escola. Existem cinco milhões de crianças fora da Educação Básica no Brasil e alguns têm a coragem de afirmar que conseguimos universalizar este nível de ensino. Ledo engano, isso não é verdade. Essas pessoas utilizam uma linguagem similar ao do

economista que diz que a existência de 5% de desemprego equivale a uma situação de pleno emprego.

Após 50 anos de concentração dos investimentos na pós-graduação, na ciência básica e em algumas áreas tecnológicas, fomos capazes de estar entre as vinte maiores potências científicas do mundo. Portanto, temos condições técnicas, humanas e financeiras para fazer a “revolução da educação”, que a sociedade e o povo brasileiro, após tantas décadas de espera, aguardam com a esperança de que ela possa ocorrer brevemente.

A EDUCAÇÃO SUPERIOR E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



Na figura acima, vocês podem visualizar como a indústria concebe a Educação Superior e o desafio de inseri-la em um projeto de desenvolvimento sustentável do País. Essa é a proposta final da indústria para a Reforma da Educação Superior. Infelizmente, não vou poder

me deter em outros comentários. Quem tiver interesse em aprofundar sua reflexão sobre o tema pode consultar o documento, que está disponível em nosso *site*, para avaliar uma proposta de reforma educacional que poderia ajudar o Brasil a enfrentar os principais problemas e desafios que temos nessa área.

Inova Engenharia: proposta para a modernização da Educação em Engenharia no Brasil

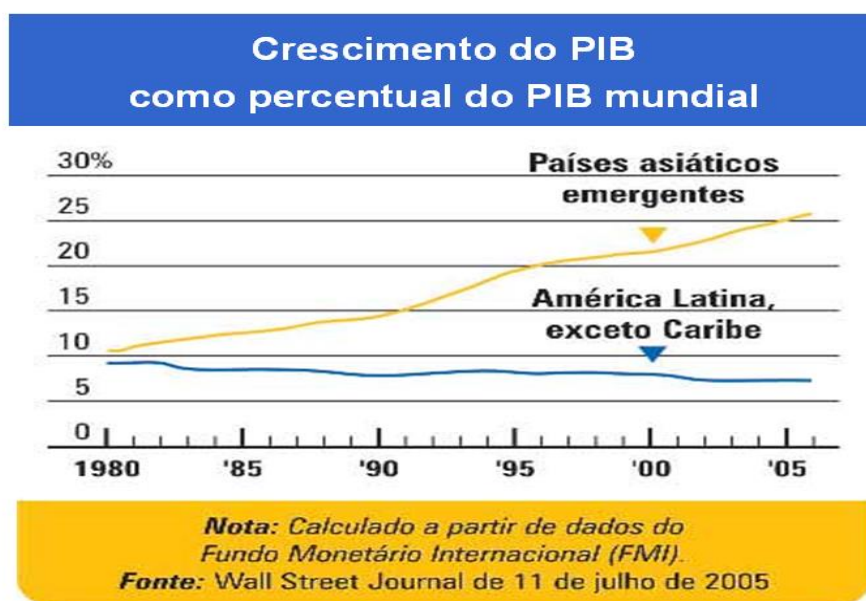
Desde o final dos anos 1980, ocorreram várias iniciativas para tentar reverter o quadro de relativa estagnação da engenharia brasileira. Podemos estabelecer uma relação direta entre a crise do modelo de desenvolvimento industrial e a área tecnológica. No momento em que Brasil entrou em crise econômica, no final dos anos 1970 e início dos anos 1980, o ensino e a pesquisa em engenharia também começaram a apresentar alguns sinais de crise.

Vocês podem observar que viemos num discurso crescente. Partimos do mapa estratégico da indústria, depois fizemos uma contribuição para a Reforma da Educação Superior, e ambos os documentos sinalizavam que a situação da engenharia merecia uma ação específica. Por isso, em seguida, veio o documento chamado Inova Engenharia. O que vem a ser esta proposta?

Trata-se de uma ação conjunta de diversas instituições para promover a modernização da Educação em Engenharia no Brasil. São mais de trinta instituições parceiras, entre as quais: Academia Brasileira de Ciências (ABC); Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE); Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI); Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica (ABIPTI); Academia Nacional de Engenharia (ANE); Confederação Nacional da Indústria (CNI/IEL/SENAI); Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA/CREA); Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG); Instituto de

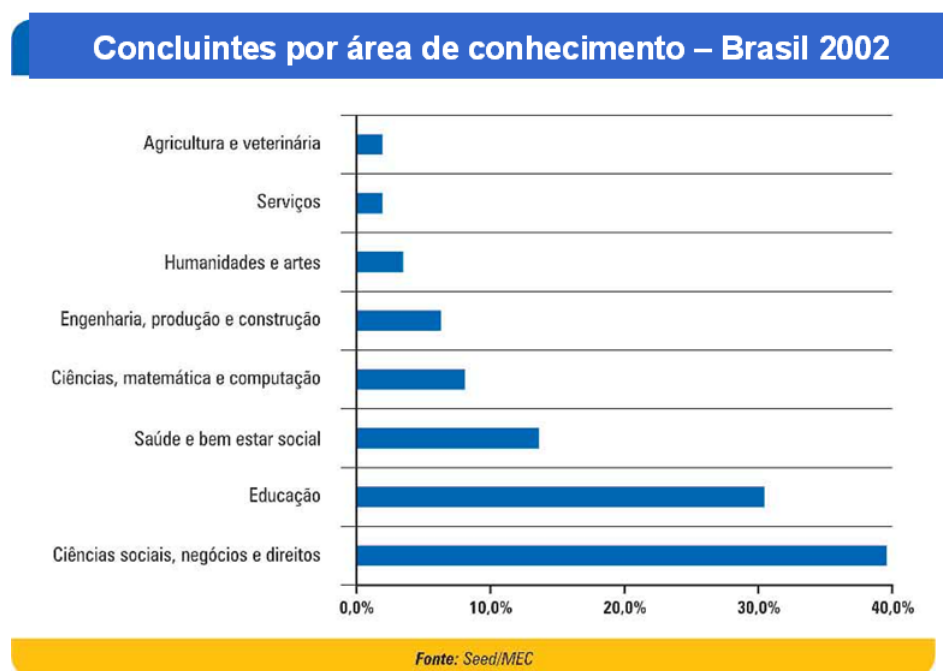
Engenharia (IE/SP); Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC); Ministério da Educação (MEC); Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC); Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).

Nessa proposta, coube à CNI o trabalho de mobilização, articulação e coordenação das instituições e ações do projeto. Reunimos as instituições preocupadas com o problema da engenharia e fizemos um documento baseado numa pesquisa que abrange o setor empresarial, incluindo seus líderes, dirigentes e as pessoas que estão com a “mão na massa”, ou seja, todos aqueles que vivenciam a realidade tecnológica do Brasil.



No gráfico acima, podemos observar o problema do baixo crescimento econômico da América Latina no período de 1980 a 2005. Temos dois indicadores de crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) de um grupo de países como percentual do PIB mundial. Um relativo aos países asiáticos – incluindo a Coreia, China Taiwan, Hong Kong etc. – e outro relativo aos países da América Latina.

Nos anos 1980, a participação dos países emergentes do Sudeste Asiático e dos países da América Latina na economia mundial era praticamente equivalente. Em vinte e cinco anos, a participação dos países asiáticos cresce de 10% para mais de 25% do PIB mundial. Por outro lado, no mesmo período, a participação dos países da América Latina cai de 9% para 7,5% da produção econômica mundial. Por que houve uma redução da importância relativa da América Latina, capitaneada pelo Brasil e pelo México, na economia mundial? Por que os países asiáticos conseguiram crescer e nós não?



A resposta para o crescimento econômico dos países do Sudeste Asiático está em sua opção pelo vetor tecnológico. Essa é a prova evidente de que o nosso caminho de desenvolvimento está equivocado, pois estamos formando recursos humanos que não são capazes de alavancar a economia do País e da região. Temos, portanto, uma atrofia na área

tecnológica e, por isso, precisamos inverter o perfil de formação de recursos humanos de nível superior no Brasil.

Esse argumento, que já foi citado anteriormente pela professora Clélia Brandão e pelo professor Bevilacqua, é corroborado pelas informações referentes aos egressos do ensino superior brasileiro. No gráfico acima, temos os dados sobre o percentual de concluintes por área de conhecimento no País em 2002. Podemos observar que 40% dos egressos são das ciências sociais, administração e direito. Se somarmos este percentual com os referentes às áreas de educação e de humanidades e artes, temos mais de 70% dos egressos. Em contraste, menos de 20% dos concluintes são de áreas mais tecnológicas - aproximadamente 8% da área de Engenharia, Produção e Construção e cerca de 10% da área de Ciências, Matemática e Computação.

Gostaria de tecer alguns comentários sobre os chamados *modelos de interação-integração*. Eu já falei sobre a importância da pesquisa colaborativa (ou pesquisa cooperativa) e da interação Governo-Universidade-Empresa (modelo da Tríplice Hélice) que, além da C&T, incorporam a inovação como um elemento indispensável para a sua efetivação. Reitero que a inovação tecnológica ocorre, essencialmente, nas empresas. Desse modo, para se fazer ciência básica temos que ter o suporte da academia; para se fazer P&D temos que ter o suporte tanto da academia como dos institutos tecnológicos; finalmente, para que a inovação tecnológica possa se efetivar, deve-se envolver, necessariamente, o setor empresarial. É uma espécie de gradiente, partimos da ciência básica e cada avanço no sentido do desenvolvimento de novas tecnologias nos leva a uma maior aproximação com o setor empresarial e industrial.

Devo dizer que não temos apenas críticas a fazer, pois, recentemente, surgiram alguns bons exemplos de políticas públicas e o Brasil vive um bom momento. Estamos retomando o processo de planejamento de longo prazo e alguns Ministérios e órgãos de governo estão fazendo o seu dever de casa. Após mais de vinte anos sem política industrial, o Governo

Federal finalmente retomou o processo de formulação de uma Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior para o País. Há também o Plano Nacional de Pós-Graduação, que despertou para a realidade de setor produtivo e, inclusive, incluiu metas quantitativas para a formação de mestres e doutores em áreas estratégicas da política industrial. Outro exemplo relevante é Lei de Inovação que, embora não seja lei dos nossos sonhos, é um importante instrumento de incentivo a pesquisa tecnológica e à inovação.

A Lei de Inovação está muito aquém das ousadas iniciativas, com o mesmo caráter, adotadas pelos países desenvolvidos alguns anos atrás. A nossa Lei de Inovação é muito burocrática. Como sempre, o nosso emaranhado jurídico-legislativo e o furor de nossos legisladores atrapalharam um pouco a sua elaboração. A Lei precisa, portanto, ser modificada e simplificada. Uma crítica que se faz é que ela não tem nenhuma preocupação em articular o incentivo à inovação com a uma política de desenvolvimento regional. O Brasil é um país continental, cuja base industrial, científica e tecnológica está excessivamente concentrada nas regiões Sul e Sudeste. O País não pode se desenvolver sem uma forte política de desenvolvimento regional, que promova a desconcentração da base industrial e o estímulo à consolidação da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

O investimento brasileiro em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) é relativamente modesto, próximo a 1,5% do PIB. Deste percentual, 1,05% é realizado pelo setor público e 0,47% pelo setor privado. O setor privado, diga-se de passagem, valoriza muito pouco a pesquisa tecnológica e precisa ser despertado para isso. A CNI está tentando conscientizar os industriais de que, para elevar as taxas de inovação na indústria nacional, eles vão ter que aumentar, progressivamente, o investimento privado em P&D e nas atividades de CT&I.

Uma das principais causas dos baixos níveis de inovação na indústria brasileira está na distribuição dos pesquisadores por setor institucional. Sabemos que a inovação ocorre

principalmente nas empresas e, por isso, os países que estão na vanguarda do desenvolvimento tecnológico possuem um elevado percentual de Cientistas e Engenheiros (C&E) desenvolvendo inovações no ambiente empresarial. Nos Estados Unidos, por exemplo, 13% dos C&E estão nas universidades, 8% nos institutos de pesquisa e cerca de 80% nas empresas. No Brasil, ao contrário, temos 72% de nossos pesquisadores nas universidades, 5% nos institutos de pesquisa e apenas 23% no setor empresarial. Com esses indicadores, não vamos muito longe. Ou seja, temos outro desafio importante pela frente, que é aumentar o número de C&E desenvolvendo inovações nas empresas.

Engenharia Brasileira: Análise do Sistema de Oferta (Formação de Engenheiros)

Número de Cursos (1)	1.368	Número de Professores em exercício	50.000
Número de Escolas	300	Número de Concluintes/ano (1)	33.148
Número de Habilitações oferecidas	51	Percentual de engenheiros e áreas tecnológicas no total de novas graduações	13,2%
Número de Alunos matriculados (1)	319.175	Evasão de alunos nos dois primeiros anos de graduação	60,0%

Fonte: (1) INEP/MEC.

Por meio de uma análise focada na oferta e na demanda, procuramos estabelecer o perfil da engenharia brasileira na atualidade. Dessa forma, podemos dar uma contribuição significativa para este simpósio, que se preocupa com as questões relacionadas à formação superior no campo tecnológico. Alguns dados apresentados foram sistematizados a partir dos estudos publicados por Vanderli Fava de Oliveira, da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), que é o pesquisador que melhor trabalha com as estatísticas sobre Educação em Engenharia no Brasil.

Pelo lado da oferta, possuímos cerca de 300 instituições de ensino que oferecem 1368 cursos de engenharia, com 51 habilitações distintas. Temos uma quantidade razoável de cursos ofertados para nossos estudantes. No entanto, o elevado número de habilitações existentes está na contramão da história. Desde a ratificação do Protocolo de Bolonha, diversos países vêm reduzindo o número de habilitações oferecidas no campo das

engenharias. A Espanha, por exemplo, reduziu o número de habilitações de 28 para 14, e a Argentina de 29 para 19. Ou seja, a tendência é haver uma redução no número de habilitações, e não uma expansão. O modelo de engenheiro do protocolo de Bolonha é mais o do engenheiro generalista.

Na Europa, os cursos de engenharia duram, em média, três anos. A duração média dos cursos de engenharia no Brasil é de cinco a sete anos. Esse é um dos motivos da crise da engenharia brasileira. Na maioria das escolas, nos primeiros anos do curso, o aluno não vai ao laboratório e não tem acesso à informática na sala de aula. Com isso, o que acontece? Aproximadamente 60% dos alunos abandonam o curso antes de completar o segundo ano de formação. Não é o aluno que está errado, é o sistema que precisa ser corrigido.

Atualmente, temos apenas 300 mil alunos matriculados em nossos cursos de engenharia e o número de concluintes é, na melhor das hipóteses, de 33 mil por ano. Outro indicador relevante é o baixo percentual de engenheiros e de áreas tecnológicas nos novos cursos de graduação (apenas 13% do total). Na mesma linha daquilo que o professor Bevilacqua disse anteriormente, acredito que precisamos mudar radicalmente esse sistema de oferta, que está totalmente equivocado. Em nossa pesquisa, identificamos algumas disciplinas utilizadas no currículo da Escola Politécnica Francesa na primeira metade do século XX e que, erroneamente, continuam sendo transmitidas aos nossos alunos.

Análise do Sistema de Demanda (Profissional de Engenharia no Mercado de Trabalho)

Número de Profissionais (1)	650.000	Número de Engenheiros no Setor Comércio (2)	5.517
Número de Engenheiros na Indústria (2)	51.809	Número de Técnicos na Indústria (2004) (2)	227.645
Número de Engenheiros Setor Serviços (2)	51.966	Relação de Técnicos/Engenheiro na Indústria (2)	4,3
Número de Engenheiros na Construção Civil (2)	18.435	Percentual de engenheiros que trabalham na mesma área em que se formaram (3)	33,1%

Fontes: (1) CONFEA/CREA; (2) RAIS/MTE-2004; (3) Observatório Universitário – UCM.

De acordo com dados do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA), temos hoje cerca de 950 mil engenheiros no Brasil, sendo que, destes, 650 mil estão atuando efetivamente no mercado de trabalho. Em termos absolutos, temos uma quantidade significativa de profissionais em atividade nos diversos setores da economia, incluindo os setores: industrial (51.809); de serviços (51.966); da construção civil (18.435); e de comércio (5.517).

A CNI tem uma preocupação com relação ao número relativamente reduzido de engenheiros na indústria e estamos convencendo os nossos empresários a empregar mais mão-de-obra com esse perfil de formação. O setor industrial atualmente emprega menos engenheiros do que o setor de serviços, e isso é um grande equívoco que precisa ser corrigido. É ótimo que o setor de serviços esteja valorizando o engenheiro, mas essa liderança não acontece em nenhum outro país do mundo, pois, quase sempre, o setor industrial é o grande empregador do profissional de engenharia.

Já falei anteriormente sobre o baixo número de técnicos de nível médio na indústria nacional e da reduzida proporção entre o número de técnicos por engenheiros, que no Brasil é de apenas 4,3 e na Alemanha chega a 7,8. Outro dado interessante é que apenas um terço dos engenheiros trabalha em sua área de formação. Em sua fala de abertura, o professor Barone chamou a nossa atenção para o fato de que muitos desses profissionais se dirigem para outras áreas de atuação.

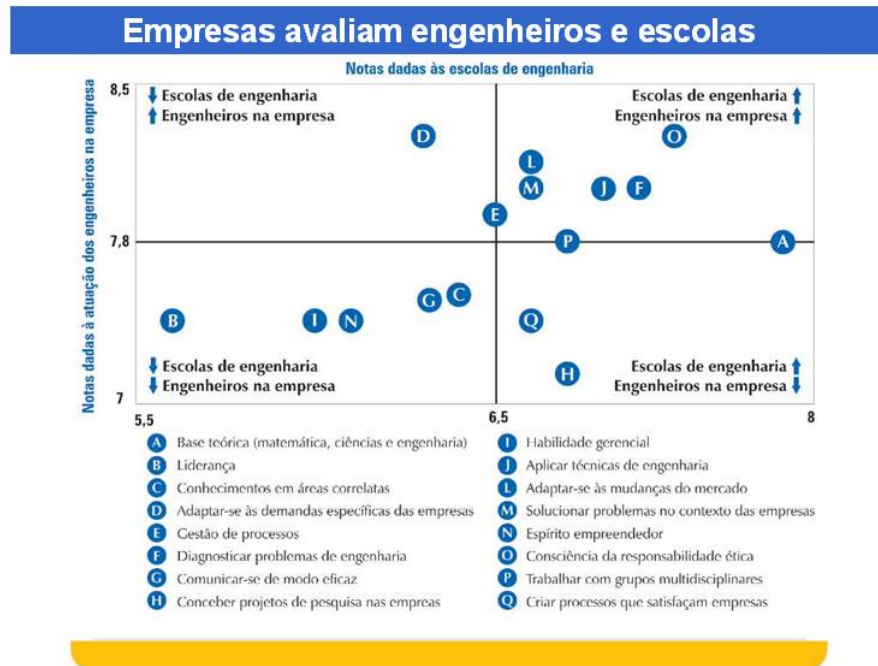
Um ponto positivo que merece ser destacado é a diversidade da formação desses profissionais. Por exemplo, eu venho de uma área onde os engenheiros lidam muito bem com os métodos quantitativos na área econômica e financeira e, em muitos casos, superam os próprios economistas. Mário Henrique Simonsen é um exemplo paradigmático desse tipo de profissional.

Podemos concluir que há um forte desequilíbrio, tanto pelo lado da oferta de mão-de-obra quanto pelo lado da demanda por técnicos e engenheiros no mercado de trabalho. A indústria tem consciência que precisamos modificar esse panorama, incluindo a questão da formação de recursos humanos nas áreas tecnológicas e também a questão da alocação dos profissionais nos diversos setores da economia, especialmente no setor industrial.



Gostaria de apresentar para vocês um gráfico elaborado a partir da pesquisa realizada pela CNI com os empresários do setor industrial, que avaliaram os engenheiros advindos das melhores instituições de ensino do Brasil. Só foi pesquisada a chamada “elite da engenharia brasileira”. Em geral, os profissionais foram bem avaliados e, numa escala de 0 a 10, a média das avaliações foi de 7,3. A maioria das grandes empresas, e algumas empresas de médio porte que participaram da pesquisa, avalia o engenheiro advindo das referidas instituições

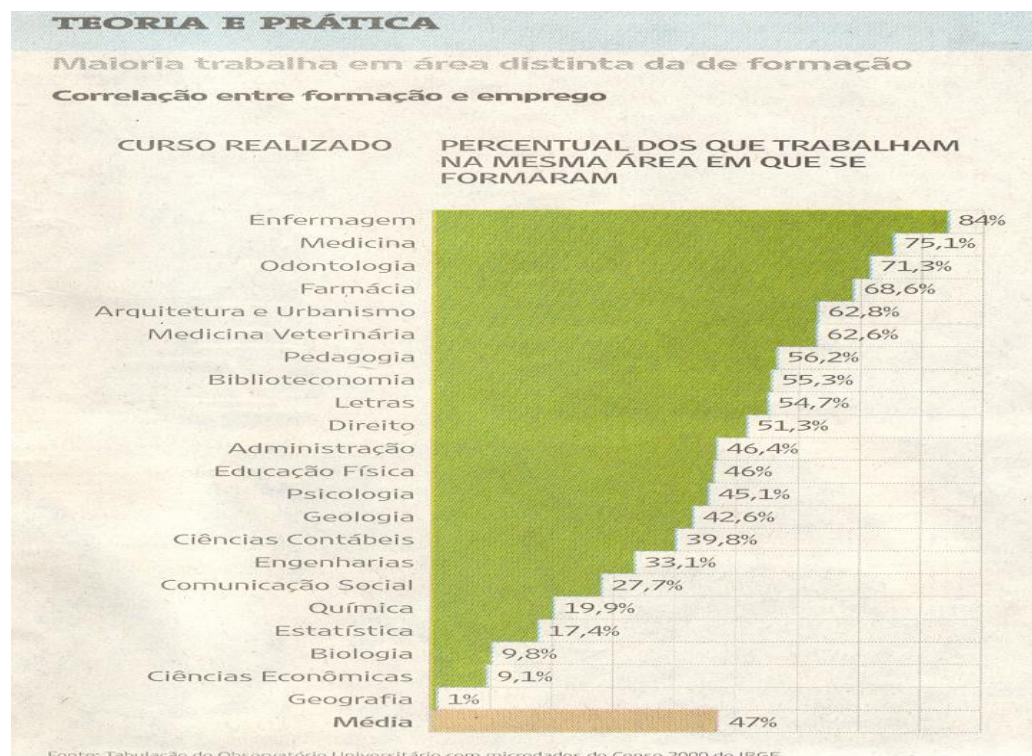
como um profissional muito bem formado, mas que apresenta algumas deficiências em seu perfil de formação.



Na figura acima, temos um quadrilátero representando a distribuição dos conhecimentos, habilidades e competências dos engenheiros em quatro categorias de escolas e profissionais. Em sentido horário: no primeiro quadrante, temos o caso em que tanto os alunos como as escolas de engenharia foram muito bem avaliadas; no segundo quadrante, temos o caso em que os profissionais foram bem avaliados, mas as escolas não foram tão bem; no terceiro quadrante, temos o caso em que as escolas de engenharia e os profissionais não foram bem avaliados; e, finalmente, no quarto quadrante, temos o caso em que as escolas foram bem avaliadas, mas o profissional recebeu uma avaliação ruim dos empresários.

O que podemos notar com essa avaliação? No meu entender, esse é um dos dados mais importantes da pesquisa e mostra que, mesmo nas melhores escolas de engenharia do

Brasil, ainda falta uma formação voltada para as chamadas habilidades complementares do profissional (*soft skills*, na expressão inglesa do termo). Quais são estas habilidades? Capacidade da comunicação, domínio de idiomas, liderança, empreendedorismo etc. Atualmente, estas são algumas características universalmente requeridas de um bom profissional da área tecnológica, especialmente do engenheiro. Desse modo, o primeiro quadrante representa uma espécie do “paraíso” da engenharia nacional e o terceiro seria o nosso “inferno astral”. A pesquisa mostra, exatamente, quais são os pontos frágeis que precisam ser incluídos na formação de um bom engenheiro.



Também já foi comentado que algumas profissões formam e depois afastam o profissional de sua área de formação. O que acontece atualmente no Brasil? Pesquisa publicada pela Folha de São Paulo mostra que é nas ciências da saúde que ocorre o maior percentual de profissionais que trabalham na mesma área de formação. De uma forma geral,

nas ciências humanas e sociais, e também em algumas ciências aplicadas, há uma tendência maior do profissional não trabalhar na área em que se formou.

Vale ressaltar, por exemplo, que não adianta criarmos mais escolas e cursos de economia, pois apenas 9,1% dos egressos se dirigem para atividades nesta área. No caso da biologia, temos um curso muito genérico e, para revertermos o quadro de sub-aproveitamento dos biólogos brasileiros, o aluno deve ter uma opção de inserção profissional no momento em que se forma. Esses indicadores são preocupantes e trazem um alerta para o Conselho Nacional de Educação. A partir da constatação do crescimento desordenado da Educação Superior, o CNE deve induzir o surgimento de políticas públicas específicas para tentar alterar esse cenário.

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
<i>Fonte: Departamentos Regionais do SENAI</i>					

Temos um bom exemplo de instituição que exerce um papel diferenciado no sistema educacional brasileiro, trata-se do Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Com presença nas diversas regiões do País, as unidades de ensino do SENAI trabalham anualmente

com mais de dois milhões de alunos, o que representa um número gigantesco de matrículas para qualquer país do mundo. O Brasil se orgulha de ter uma instituição como o SENAI, que exerceu uma função essencial no início do nosso processo de industrialização. O escopo de atuação da instituição engloba os diversos níveis e modalidades da Educação Profissional e Tecnológica, incluindo a graduação tecnológica, cursos técnicos de nível médio, aprendizagem industrial, iniciação profissional, cursos de especialização e de qualificação profissional.

Recentemente, o INEP fez um bom trabalho com o objetivo de delimitar quais são as competências essenciais ao profissional da área de Engenharia. Trata-se de uma espécie de modelo internacional. A Boeing foi a primeira empresa a fazer este tipo de delimitação de competências e, posteriormente, isso foi se espalhando pelos Estados Unidos e por diversos países do mundo. De acordo com o INEP, os atributos indispensáveis a um bom engenheiro são: (i) argumentação e poder de síntese associada ao domínio da língua portuguesa; (ii) assimilação e aplicação de novos conhecimentos; (iii) raciocínio espacial, lógico e matemático; (iv) observação, interpretação e análise de dados e informações; (v) utilização de método científico e do conhecimento tecnológico na aplicação da profissão; (vi) leitura e interpretação de textos técnicos e científicos; (vii) pesquisas, obtenção de resultados, análises e conclusões; (viii) propor soluções para problemas de engenharia.

A disseminação de profissionais no mercado de trabalho, que reúnam essas características, exige novos paradigmas de formação no campo da Engenharia, entre os quais: programas de formação flexível; conteúdo interdisciplinar, multidisciplinar e pluridisciplinar; formação integral do engenheiro (técnica, humanística e cultural); formação de engenheiros líderes em inovação e desenvolvimento tecnológico; realização de estágios que promovam a mediação entre a prática profissional e a formação acadêmica; uso de novas tecnologias de ensino e aprendizagem; novo perfil de professor, com sólida formação acadêmica e indispensável experiência profissional; aprendizagem centrada no aluno.

No Brasil, para vocês terem uma idéia, apenas 5% dos alunos de graduação realizam estágio. O estágio é uma atividade importantíssima e, nos países que levam a sério a formação profissional, ela alcança 25% dos alunos do ensino superior. Nós temos um grande potencial para a realização do estágio, mas não sabemos utilizar esta ferramenta de aprendizagem. Além disso, no Brasil só se pensa em estágio para os alunos. Em alguns dos países líderes mundiais no campo da Educação Superior, eu observei muitas experiências de estágios quês são realizados, simultaneamente, pelo professor e pelo aluno.

O professor tem que ser mais modesto, diminuir um pouco a sua vaidade de pensar que é o dono do conhecimento, e entrar na empresa em busca de atualização profissional. Por isso que os nossos alunos de engenharia dizem: “- os nossos professores são muito bem formados, têm mestrado, doutorado e pós-doutorado, sabem fazer pesquisa, mas não conseguem aplicar os seus conhecimentos em sala de aula”. Em sua apresentação, o professor Bevilacqua ressaltou que os professores devem transmitir a sua experiência profissional para os alunos. É dessa experiência, obtida nas empresas e nos escritórios de consultoria, que o aluno precisa para enfrentar as exigências do mercado de trabalho.

Finalmente, vou encerrar essa parte da apresentação com as propostas práticas do Inova Engenharia. A CNI é muito pragmática, ela não queria apenas uma pesquisa com uma reflexão sobre a engenharia brasileira. O objetivo central do trabalho é apresentar algumas propostas para a modernização da Educação em Engenharia no Brasil. Esperamos que os nossos parceiros sejam capazes de proliferar e multiplicar essas práticas.

Propostas práticas do Inova Engenharia

- Apoio ao ensino médio (novo paradigma da educação);
- Projetos educacionais com métodos modernos que estimulem o aprender a aprender e o aprender a empreender;
- Conjugação teoria e prática: aproximar a universidade da empresa e apoiar a inovação (pesquisa colaborativa);
- Conjugação estágio docente e discente;
- Intensificar a educação continuada (não há férias para o conhecimento);
- Projetos com foco em responsabilidade social e desenvolvimento regional;
- Política governamental de fomento, que fortaleça o setor tecnológico e, em especial, a engenharia;
- Pesquisar o papel do engenheiro nas empresas (função/inovação, etc.);
- Estimular a maior utilização deste profissional na indústria.



Crescimento: a visão da indústria

O documento que vou apresentar trata do crescimento na visão na indústria. Este documento foi redigido especialmente para os candidatos à Presidência da República na eleição de 2006. Quero chamar a atenção para as dez prioridades que indústria elegeu:

- (i) Redução dos gastos públicos (uma necessidade urgente);
- (ii) Tributação (de 1994 a 2007 a carga tributária cresceu 12%);
- (iii) Infra-estrutura (muito precária);
- (iv) Financiamento (recentemente, alguns tipos de financiamento estão sendo facilitados, mas precisamos avançar muito nessa questão);
- (v) Relações de trabalho (a Consolidação das Leis Trabalhistas é uma legislação totalmente atrasada);
- (vi) Desburocratização (nem o Hélio Beltrão, com toda sua boa vontade, foi capaz de diminuir a burocracia);
- (vii) Inovação (uma das prioridades do setor industrial);

- (viii) Educação (para a indústria ser forte, precisa de uma educação forte);
- (ix) Política comercial e acesso a mercados (livre acesso);
- (x) Meio ambiente (desenvolvimento sustentável, no sentido amplo do termo).

A indústria é um setor de importância crucial para a dinamização da economia por meio da criação de empregos, geração e disseminação de tecnologia etc. Um País forte exige uma indústria forte e dinâmica. O mercado industrial brasileiro passou por mudanças significativas, que incluem o aumento no grau de competição interna; a adaptação das empresas em seus aspectos tecnológicos, estratégicos e gerenciais; a perda de participação relativa na economia e o aumento expressivo da produtividade industrial.

O setor industrial pode dar uma contribuição estratégica para o projeto de crescimento e desenvolvimento sustentável da Nação. Este é o principal setor dinâmico da economia, com alta capacidade de inovação e de disseminação do progresso tecnológico. Por sua vez, a inovação tecnológica gera novos produtos, processos e serviços, e melhora a qualidade e o preço dos produtos já existentes, resultando em ganhos efetivos para o consumidor.

Educação para a nova indústria

Chegamos ao último documento, publicado em 2007, que mostra a sintonia do setor industrial com o campo educacional. Temos uma grande preocupação com valorização da educação, desde a Educação Básica até a pós-graduação, mas sem perder o foco na questão do desenvolvimento tecnológico. Por isso, damos uma maior ênfase para a aprendizagem industrial e para a Educação Profissional e Tecnológica.

METAS SESI – SENAI	
AÇÃO	METAS (2007 – 2010)
Educação Básica de Jovens e Adultos	2.306.000 conclusões
Educação Básica de crianças e jovens	848.000 matrículas
Educação Continuada	4.000.000 matrículas
Atualização de recursos didáticos	830.000 livros 510 laboratórios de ciências
Inclusão Digital	28 mil computadores
Formação profissional inicial e continuada de trabalhadores	8.607.132 matrículas
Educação profissional técnica de nível médio	482 mil matrículas
Educação superior	32.690 matrículas
Competências transversais	1.000.000 de matrículas
SENAI 24 horas*	100 mil matrículas
SENAI Itinerante*	Implantação em todos os DRs 120 mil matrículas
SENAI Didática	Produção de 300 novos Kits didáticos

O sistema SESI/SENAI tem algumas metas muito ambiciosas, que devem ser alcançadas até 2010, no final dessa administração. Essas metas englobam diversos níveis e modalidades de ensino, incluindo a Educação Básica, a Educação de Jovens e Adultos, a Educação Continuada (*life long learning*), a Educação Profissional e Tecnológica e a Educação Superior. Além disso, a atuação da indústria na área educacional também inclui a atualização de recursos didáticos, a inclusão digital e os programas SENAI 24 horas, SENAI Itinerante e SENAI Didática. Infelizmente, em virtude do tempo disponível, não vou poder definir com detalhes essas metas, mas gostaria de chamar a atenção para o volume dos investimentos que serão realizados.

No período de 2007 a 2010, somente nas ações relativas à Educação Básica e à Educação Profissional, o SESI e o SENAI devem mobilizar um orçamento de aproximadamente R\$10,5 bilhões. Estima-se que o sistema consiga atingir em total de 16,2 milhões de matrículas nesse período. A meta é aumentar em 30% a capacidade de atendimento do sistema nos

próximos três anos, com uma média de crescimento de quase 10% ao ano. Esses investimentos correspondem ao maior volume de recursos aplicados pelo setor privado na educação brasileira e equivalem, aproximadamente, ao orçamento anual do Ministério da Educação.

Gostaria de encerrar esta apresentação, com a citação da seguinte frase do nosso Presidente:

“O que a indústria brasileira espera das universidades públicas e privadas é o desenvolvimento de ações conjuntas, em parceria com as organizações públicas e de fomento, de forma a elevar substancialmente a pesquisa, a geração de inovação, o desenvolvimento tecnológico e a formação de pessoal qualificado. Nesse processo, é preciso compreender as diferenças regionais brasileiras e, entre elas, as diferentes características das empresas dos vários ramos industriais, que não comportam uma linha de ação única e rígida” (Deputado Armando Monteiro Neto, Presidente da CNI).

A indústria precisa de recursos humanos qualificados, de inovação e desenvolvimento tecnológico. Esse suporte nós encontramos nas universidades e nas instituições de ensino e pesquisa, públicas ou privadas. Para enfrentar o grande desafio da construção da Sociedade do Conhecimento no Brasil, precisamos ter múltiplos modelos institucionais e educacionais. A indústria está fazendo o seu papel e quer aumentar o seu protagonismo no campo da educação. Com os investimentos necessários, e com muita determinação política, vamos ajudar setor público e a sociedade a fazer a “revolução da educação brasileira”.

Muito obrigado!

Demanda de recursos humanos para a inovação e o desenvolvimento tecnológico

Evando Mirra de Paula e Silva⁴

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Conselho Nacional de Educação (CNE) pela oportunidade de iniciarmos um diálogo sobre uma problemática que é cada vez mais relevante para sociedade brasileira. A discussão sobre a demanda de recursos humanos para a inovação e o desenvolvimento tecnológico, em minha opinião, provoca a nossa academia e convoca toda a comunidade universitária a se pronunciar sobre o universo de problemas relacionados com a criação de novos conhecimentos e tecnologias. Essa discussão está profundamente relacionada com a história recente e com a realidade contemporânea.

A “Era da Inovação”

Vivenciamos uma situação que é qualitativamente distinta do contexto com o qual nós estávamos habituados a viver. Na “Era da Inovação”, os investimentos crescentes em conhecimento são a chave do desempenho econômico e dos ganhos alcançados no campo social. Essas mudanças estão associadas à emergência de uma sociedade interconectada, em que a produção, a apropriação e a aplicação do conhecimento são realizadas, cada vez mais, de forma colaborativa e compartilhada. A novidade é a adoção da estratégia de colaborar para competir. O que parecia antagônico se tornou um elemento central para a competitividade das empresas, localidades, regiões e nações.

De acordo com o documento *Science, Technology and Industry Outlook* (2005), editado periodicamente pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a inovação é responsável por cerca de 50% do crescimento econômico dos países industrializados. O seja, o impacto da inovação é devastador, mas isso é apenas uma parte da

⁴ Diretor da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI).

história. Se nos países avançados nós temos esse desenho, no caso brasileiro vivemos uma situação intermediária.

Inovação tecnológica na indústria brasileira



Gostaria de apresentar para vocês o conjunto de estudos organizados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada na publicação *Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras* (IPEA, 2005). Esse talvez seja o trabalho mais completo já realizado sobre a questão da inovação na indústria brasileira. Além de seus próprios pesquisadores, O IPEA mobilizou trinta e duas equipes das seguintes universidades: Universidade de São Paulo (USP); Universidade de Brasília (UNB); Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); Universidade Federal do Rio de Janeiro (URFJ); e Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Trata-se de um trabalho multidisciplinar que envolveu pesquisadores das áreas da economia, engenharia, econometria regional, sociologia, estatística etc. O IPEA teve acesso a diversos bancos de dados que abrangem um universo de 72 mil firmas industriais. Estas empresas empregam cerca de 5,6 milhões de trabalhadores e, em conjunto, seu faturamento representa 95% do valor adicionado na indústria. A metodologia empregada dividiu as empresas em três categorias: 1) *firmas que inovam e diferenciam produtos*; 2) *firmas especializadas em produtos padronizados*; 3) *firmas que não inovam e têm uma produtividade menor*. Esta tipologia difere daquela que tem sido utilizada pela Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC) e por outras pesquisas industriais.

De acordo com os dados da PINTEC (2005), no período de 2003 a 2005, em um universo de 95.301 empresas pesquisadas, aproximadamente 32.800 introduziram algum tipo de inovação para a empresa ou para o mercado. No entanto, muitas destas empresas realizaram apenas inovações de processo, ou seja, empregaram um novo processo produtivo para aperfeiçoar um produto já existente ou, simplesmente, para melhorar a produtividade da empresa. As empresas que realizaram inovações de produto são em número mais reduzido. No período compreendido pela pesquisa, apenas 19.670 empresas implementaram inovações de produto. Deste total, 16.345 introduziram um produto novo para a empresa, 3.122 lançaram um novo produto no mercado nacional e apenas 203 introduziram produtos inovadores para o mercado mundial.

A OCDE afirma que nos países avançados cerca de 50% do crescimento do PIB está associado à inovação. No Brasil, as taxas de inovação na indústria gravitam em torno de 30%. Este percentual está muito longe daquilo que nós podemos fazer, mas também não estamos no zero. O País está numa situação intermediária, que nos coloca algumas possibilidades e desafios estratégicos. Metaforicamente, podemos dizer que somos um pouco aqueles seres improváveis, que são mais do que figurantes e menos que personagens. No entanto, reunimos

as condições para entrarmos definitivamente no jogo da competitividade internacional, no lugar que nós merecemos.

Ipea: Inovação na indústria brasileira		ABDI Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial	
Empresas	Emprego	Fatura- mento (R\$ 1.000)	Valor adicionado (R\$ 1.000)
Inovam e difer. produto	545,9	135,5	51,1
Esp. produtos padronizados	158,1	25,7	10,6
Não diferenciam produto	34,2	1,3	0,45

Empresas	Remune- ração (R\$/mês)	Escola- ridade (anos)	Tempo de emprego (meses)
Inovam e diferenciam produto	1.255	9,13	54,09
Esp. em produtos padronizados	749	7,64	43,90
Não diferenciam produtos	431	6,89	35,41

O que indicam os estudos do IPEA? Eles mostram que, no período pesquisado, tínhamos cerca de 1.200 firmas industriais que inovam e diferenciam produtos e que, apesar de representarem apenas 1,7% do total, elas eram responsáveis por 26% do faturamento industrial. As empresas inovadoras empregam mais trabalhadores do que as empresas especializadas em produtos padronizados e muito mais do que aquelas que não diferenciam produtos e têm uma produtividade menor. Além disso, as firmas inovadoras também agregam mais valor aos seus produtos do que as demais empresas industriais.

O faturamento médio das empresas inovadoras é 5,27 vezes maior que o das empresas especializadas em produtos padronizados e mais de 100 vezes superior ao faturamento das empresas que não diferenciam produtos. Por outro lado, as firmas inovadoras empregam 3,45

vezes mais funcionários do que aquelas especializadas em produtos padronizados e 15 vezes mais do que as firmas não inovadoras. Finalmente, o valor adicionado pelas empresas inovadoras é quase cinco vezes maior do que o das firmas especializadas em produtos padronizados e mais de 113 vezes superior ao valor agregado pelas empresas que não diferenciam produtos.

Em termos do valor médio dos salários, as empresas que inovam e diferenciam produto pagam o triplo do salário daquelas que não inovam. Há também uma coisa muito interessante do ponto de vista da educação e, quando desagregamos os dados, as constatações ficam ainda mais surpreendentes. Enquanto a escolaridade média das empresas que não diferenciam produtos é de 6,8 anos, a taxa média de escolaridade das empresas inovadoras é 9,3 anos. No setor eletro-eletrônico, por exemplo, a taxa média de escolaridade é de 11 anos. Há alguns setores, com maiores investimentos em inovação, em que a taxa mínima de escolaridade é de 13 anos.

A produção de patentes no Brasil e no mundo

Eu quero dizer que, às vezes, há um discurso um pouco pobre que afirma o seguinte: “- Enquanto não resolvermos os problemas da educação e da pesquisa básica, não se pode falar em inovação”. É uma bobagem colocar as coisas nesses termos, pois esses elementos não estão isolados. A necessidade de trabalhar com a inovação incentiva as empresas, e a própria sociedade, a investirem cada vez mais em educação e nas atividades de Ciência e Tecnologia (C&T).

Brasil: 11º produtor mundial de patentes



*Patentes requeridas no mundo em 2006**

1 Japão	350,000	16 Suécia	2,000
2 EUA	169,000	17 Áustria	1,340
3 Coreia do Sul	86,500	18 Dinamarca	1,250
4 Alemanha	57,800	19 Finlândia	1,200
5 China	48,000	20 Suíça	1,000
6 Rússia	21,200	21 África do Sul	990
7 França	14,600	22 Índia	900
8 Reino Unido	13,000	23 Israel	700
9 Taiwan	9,000	24 Nova Zelândia	600
10 Itália	4,400	25 Rep. Tcheca	540
11 Brasil	4,280	26 Bélgica	535
12 Austrália	4,000	27 Hungria	510
13 Canadá	2,910	28 Romênia	500
14 Espanha	2,400	29 Noruega	460
15 Holanda	2,150	30 México	370

Baseado em *Innovation Indicator*
Por país, * primeiras estimativas

Fonte: Thomson Scientific

Eu também gostaria de fazer um comentário sobre a história do baixo percentual de patentes registradas pelo Brasil, que é outro mito que tem sido constantemente reificado entre nós, inclusive por gestores públicos e pesquisadores da área de C&T.

A tabela acima apresenta as informações disponibilizadas pela Thomson Reuters (Thomson Scientific), que é a empresa responsável pela organização dos bancos de dados relativos à produção científica e tecnológica mundial. O *Derwent Innovations Index*, elaborado pela empresa, incorpora importantes informações sobre o registro de patentes em mais de 40 países, incluindo os dados da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) e do *United States Patent and Trademark Office* (USPTO). Os dados disponíveis mostram que, em 2006, o Brasil foi décimo primeiro país com o maior número de pedidos de patentes em escritórios internacionais.

Vale lembrar que nos orgulhamos muito de sermos responsáveis por cerca de 2% da produção científica mundial e de estarmos em décimo quinto lugar em termos de publicação de *papers* indexados internacionalmente. No entanto, quero ressaltar que a posição do Brasil enquanto patenteador é melhor do que sua posição relativa como produtor de *papers*. Esta comparação serve para desmistificar essa história de que o País é muito bom na produção

científica e péssimo na produção tecnológica. Isso não é verdade, sobretudo se consideramos que o processo de registro da propriedade intelectual é muito diferente do processo de produção do conhecimento científico.

Se somarmos os pedidos de registro de patente dos trinta países apresentados na tabela, teremos um total de 800 mil pedidos em 2006. Podemos observar que o Japão, isoladamente, foi responsável por 350 mil solicitações de patentes internacionais, o que representa 46% do total. Vale notar que, em termos de produção científica, nós não temos uma situação de concentração excessiva em um único país. Os Estados Unidos vem em segundo lugar, com 169 mil pedidos de patente, e a Coreia do Sul em terceiro, com 86.500 solicitações. Em conjunto, esses três países são responsáveis por mais de 75% das patentes mundiais. Trata-se, portanto, de uma concentração exorbitante, pois temos um pouco mais de 20% das patentes para os outros 117 países remanescentes.

Permitam-me observar que, por outro lado, o Brasil está à frente da Austrália, do Canadá, da Espanha e da Holanda, e nem por isso a questão das patentes é objeto de uma histeria coletiva nesses países. Alguma característica da nossa cultura, talvez o “sabor do carnaval” ou o entusiasmo pelo embate, faz com que o brasileiro reifique certos argumentos sobre o problema das patentes e desloque, com paixão, a discussão sobre o desenvolvimento tecnológico do País. Para compreendermos esse problema, devemos, antes, entender porque é importante registrar uma patente e quais são as empresas que devem fazê-lo, quando isso faz parte de seu negócio.

A patente se insere em uma estratégia global de ocupação dos mercados. Se as empresas coreanas patenteiam boa parte de seus produtos, isso só acontece porque o tipo de produto que elas vendem concorre com o produto de outras empresas no mercado americano e em outros lugares. Ou seja, o registro de patentes faz parte da estratégia de mercado dessas

empresas. Esta questão merece uma discussão mais circunstanciada, que, infelizmente, não temos tempo para realizar nesse momento.

A cultura da inovação

Outra questão que me parece essencial, e também surpreendente, é o fato da própria idéia da inovação ser algo muito recente. Trinta anos atrás, ninguém acreditaria se alguém dissesse que nós viveríamos hoje esse “frenesi inovador”. O conceito de inovação começa a se difundir depois dos anos 1960 e só ganha maior visibilidade após os anos 1980. No entanto, até meados do século XX, a indústria era muito conservadora e, ainda hoje, ela é predominantemente conservadora, por razões de natureza prática.

Em primeiro lugar, a resistência às mudanças no setor industrial decorre dos altos investimentos realizados pelos empresários em capital físico. Ou seja, as máquinas e equipamentos custam caro e, muitas vezes, a introdução de inovações exige alterações na planta industrial e a substituição dessas máquinas e equipamentos. Em segundo lugar, em decorrência dos investimentos necessários para promover a requalificação do capital humano das firmas. Os trabalhadores demoram algum tempo até dominar determinado processo produtivo e, com as inovações, eles têm que passar por um novo processo de qualificação e de aprendizado no “chão da fábrica”. Finalmente, o conservadorismo das empresas também está associado à fidelização do cliente e ao comportamento dos consumidores que, às vezes, se assemelha ao das crianças que gostam de ouvir sempre a mesma história.

Temos, então, certa compulsão e tendência à repetição por parte dos empresários e também dos consumidores. Alguns de vocês são muito jovens e não se lembram disso, mas para a minha geração foi devastador o fato do Toddy, que antes era vendido numa latinha, começar a ser vendido em vidro. A recusa foi tamanha que a namoradinha do Brasil, Celi

Campelo, foi convocada para percorrer a pátria cantando - “Toddy, Toddy, Toddy em vidro” - para poder garantir aos seus fiéis seguidores que o chocolate era o mesmo.

Existe algo de artificial em nossa cultura, trata-se de uma dimensão meio conservadora que faz com a idéia de inovação tenha um caminho mais delicado a percorrer. De certa forma, nós vivemos o contraponto entre a idade de ouro, que ficou para trás, e a emergência de uma cultura de valorização do novo. Gostaria de citar o poeta Olavo Bilac que, em 1890, disse: “- *Ah, que saudades do carnaval de antigamente...*”. Hoje em dia, já nos habituamos ao fato de que o carnaval, ao ser comercializado, acabou sendo banalizado e não tem mais a espontaneidade de outros tempos. Da mesma forma, a idade de ouro do fordismo industrial ficou no passado, e não podemos negar a nova realidade da indústria.

O que nós podemos fazer? Temos que reverter essa tendência conservadora e incentivar o surgimento de uma cultura de aceitação e estímulo à inovação na sociedade brasileira. As ciências humanas e sociais, particularmente, podem nos ajudar a compreender melhor as condições necessárias para a ocorrência do processo de mudança cultural.

Talvez Balzac tenha sido o primeiro que, em 1824, começou a fazer o elogio do novo. Posteriormente, Baudelaire também fez um grande louvor ao novo e à modernidade e, em um dos últimos poemas de *Les Fleurs du Mal*, ele escreve os seguintes versos: “... *Plonger au fond du gouffre, Enfer ou Ciel, qu'importe? Au fond de l'Inconnu pour trouver du nouveau!*”. De certa maneira, Baudelaire pode ser visto como um dos primeiros personagens da história cujo canto pela busca e valorização do novo começa a encontrar ressonância na mentalidade das pessoas. O fato é que, no final do Século XIX, houve uma alteração no arcabouço mental e na visão de mundo do homem moderno. Passa a existir um maior acolhimento à existência de coisas novas e, gradativamente, começamos a nos aproximar da idéia de inovação.

Foi justamente nesse período que a pesquisa científica ganhou maior visibilidade, pois, até o início do Século XIX, ela era praticamente invisível. Para termos uma idéia, de acordo

com Derek John de Solla Price, em 1900 existiam cerca de mil pesquisadores e foram publicados aproximadamente dois mil artigos científicos. Provavelmente, era possível que uma pessoa conseguisse ler toda a produção científica da época. Em contraposição, em 2006 foram publicados mais de treze milhões de *papers* indexados e hoje existem cerca de quinze milhões de pesquisadores. Não é difícil concluir que hoje é humanamente impossível alguém dominar toda essa literatura.

Com o enorme avanço da Ciência no século passado, começamos a nos habituar com a estranha noção de que, no campo científico, a verdade é sempre transitória. Para o cientista, a verdade é descartável e pode durar apenas o intervalo entre duas experimentações. Como nós sabemos, a construção do conhecimento científico se faz por meio desse diálogo entre a razão e a experiência. O cientista constrói determinado modelo e, em seguida, testa esse modelo. Se o modelo construído não for corroborado pela experiência e pelos fatos, então ele é descartado e o cientista vai procurar outro modelo que o ajude a compreender melhor o fenômeno pesquisado.

Albert Einstein dizia que, quando nós perguntamos alguma coisa à natureza, ela freqüentemente responde “não”, algumas vezes responde “talvez” e, raramente, responde “sim”. Dessa forma, é por meio desse jogo do “não” e do “talvez” que conseguimos, progressivamente, ter uma visão aproximada do que é produtividade elétrica dos metais ou de como é composto o DNA. Enfim, qualquer que seja o objeto do conhecimento científico, nós sabemos que as explicações construídas pelo cientista são sempre transitórias e têm data marcada para a sua aposentaria.

A aceitação da noção científica de verdade provisória exigiu uma imensa flexibilização da mentalidade do homem comum. Quando esta noção invadiu o campo tecnológico, a sua aceitação se tornou ainda mais complexa, porque agora é a concretude de um objeto técnico que se “esvanece no ar”. Como disse um célebre pensador: “Tudo que é sólido se desmancha

no ar”. A aceitação da idéia de que determinado objeto vai sumir definitivamente da história e que ele, necessariamente, vai ser substituído por outro objeto técnico, faz parte da construção do conceito de inovação.

A consolidação de uma nova dinâmica de desenvolvimento industrial centrada na inovação está claramente relacionada com a Revolução da Tecnologia da Informação e da Comunicação (TIC), que ocorreu nos EUA em meados da década de 1970. Eu falo isso do ponto de vista das condições materiais que foram necessárias para o surgimento desse novo paradigma de desenvolvimento tecnológico. No entanto, se fizermos uma reflexão um pouco mais elaborada, acho que podemos compreender melhor esse importante processo de mudança das sociedades contemporâneas.

As explicações para o processo de mudança tecnológica devem procuradas mais no mundo social do que no mundo natural. É essencial que possamos entender a inovação enquanto introdução de um novo produto ou processo na prática social. Quando me refiro à prática social, eu estou falando tanto do mercado quanto do universo político, ou seja, trata-se da própria entrada da inovação na realidade histórica.

A inovação deve ser compreendida como um gesto cultural de grande radicalidade. Temos, dessa forma, o surgimento de uma verdadeira “cultura da inovação”. Eu peço ajuda à Sophia de Mello Breyner Andresen, para dizer isso com a intensidade que eu considero necessária. De acordo com esta autora, o inovador é aquele que diz: “- *E sobre a areia, sobre a cal e sobre a pedra, escrevo: nesta manhã eu recomeço o mundo*”. Não é nada menos do que isso.

Formação de recursos humanos para a inovação

Gostaria de fazer alguns comentários sobre a formação de recursos humanos com o perfil necessário para empreender o processo de inovação, tanto em nível de graduação como

de pós-graduação. Este assunto já vem sendo discutido há algum tempo e não estamos totalmente desprovidos de certos ingredientes de análise e reflexão. Por exemplo, foi feito um grande esforço para traçar o perfil do engenheiro do Século XXI. É curioso observar que o perfil desejado pelas empresas de engenharia varia de acordo com a sofisticação tecnológica de cada setor. Os setores intensivos em conhecimento, como a área de telecomunicações, dizem com muita clareza que eles querem um profissional capaz de conviver bem com o ambiente de inovação.

Os empresários da área de telecomunicações estabeleceram os seguintes requisitos para o engenheiro do novo século: (i) apresentar ótimos conhecimentos teóricos; (ii) ser facilmente treinável no ambiente da firma; (iii) ter capacidade de trabalhar em grupo; (iv) ter treinamento em pesquisa; (v) competência em informática; (vi) resistência a frustrações e capacidade de conviver com situações de crise; (vii) capacidade de comunicação oral e escrita em pelo menos em duas línguas; (viii) e uma sólida formação cultural

O quinto requisito traz uma característica interessante. Por que o profissional deve ter resistência a frustrações e capacidade de conviver com situações de crise? Porque o ambiente de inovação é um ambiente de incertezas e de desencontros. Queiramos ou não, este é um ambiente de embates, de visões dissonantes e de construção de consensos. Por isso, é preciso aprender a ser paciente com essa teimosia do real, que, às vezes, se opõe aos nossos desejos e sonhos.

Pós-graduação e inovação: o caso do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFMG

Em relação à pós-graduação, eu gostaria de explorar a experiência do curso de Pós-Graduação de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal de Minas Gerais

(UFMG). Quando o curso foi criado, no início dos anos 1970, o País passava por um momento de modernização acelerada de seu parque industrial e tecnológico. No setor metal-mecânico houve uma tônica, pois quase tudo que foi comprado no exterior não funcionou aqui no Brasil. Por várias razões, a tecnologia comprada fora dava resultados desastrosos na nossa indústria. A UFMG viu nisso uma janela de oportunidade e tentou, pacientemente, persuadir algumas empresas de que a academia poderia ajudá-los a abrir o pacote tecnológico.

Os pesquisadores falavam para os empresários: “- Olha, nós não conhecemos essa tecnologia, mas sabemos quais são os seus pressupostos e embasamentos científicos”. No início, o diálogo foi muito difícil, mas a Acesita aceitou o desafio e funcionou com uma espécie de vitrine para as outras empresas. Daí para frente, houve um efeito dominó e as parcerias se disseminaram com grande rapidez. Em 1973, tiveram início os primeiros cursos abertos de extensão, nos quais se realizava a desmontagem do pacote tecnológico comprado do exterior. Os cursos eram organizados por entidades nacionais (como a Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais), ou então montados caso a caso com determinadas empresas. As empresas descobriam que o Brasil começava a fazer pesquisa e, com isso, nasceu o primeiro programa cooperativo de pós-graduação.

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica da UFMG não mudou muito ao longo do tempo, mas, aos poucos, foi sendo aperfeiçoado. O primeiro passo era fazer a seleção dos estudantes, que eram engenheiros, físicos ou químicos, que já estavam trabalhando nas usinas, envolvidos com os problemas tecnológicos. No começo, houve certa ingenuidade, pois não se abria nenhuma exceção e os candidatos tinham que se submeter aos critérios variados da academia. Naturalmente, isso gerou algumas dificuldades e, então, foi montado um esquema de pré-seleção e preparação dos candidatos.

Os estudantes, tipicamente, eram engenheiros, que tinham entre três e quatro anos de experiência profissional e que já faziam parte do universo da produção. O segundo passo

era o deslocamento desses profissionais para cursarem as disciplinas de pós-graduação na UFMG. Finalmente, após um ano de estudos, eles realizavam o trabalho de pesquisa na usina e na Universidade, cujo tema, normalmente, era escolhido de comum acordo entre as partes.

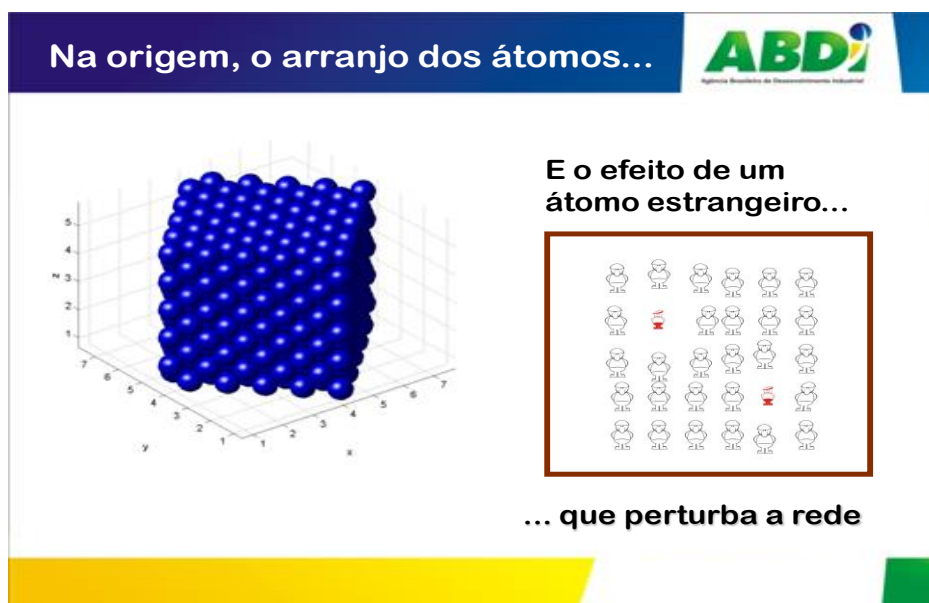
Após trinta anos de experiência, é interessante observarmos os resultados alcançados por meio desse programa cooperativo de pós-graduação. Até agosto de 2007, foram formados 634 mestres, dos quais 280 eram profissionais oriundos das empresas. Há também vários alunos que, depois de formados, foram absorvidos pela indústria. No caso do mestrado, o programa tinha clareza de que o curso era extremamente útil para a inovação. Para o doutorado, no entanto, foi estabelecido um padrão mais sofisticado, com um maior nível de exigência acadêmica. Por isso, foi uma grande surpresa para todos quando, espontaneamente, as empresas começaram a incentivar a formação de doutores. Desse modo, o programa formou 160 doutores, dos quais 25 eram engenheiros que já trabalhavam no setor industrial.

O que esses profissionais fazem? Eu vou dar um exemplo relacionado com a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de aços com características especiais. No final do século passado, a indústria japonesa introduziu no mercado, com grande sucesso, chapas macias de aço. Estas chapas possuíam grande flexibilidade e adquiriam uma maior resistência mecânica durante o processo de secagem da pintura das peças acabadas (*"Bake-Hardenability"*). O emprego desses aços em painéis externos de veículos permitiu utilizar chapas mais finas e resistentes, contribuindo assim para a redução do peso dos veículos e para a diminuição dos impactos ambientais da indústria automobilística.

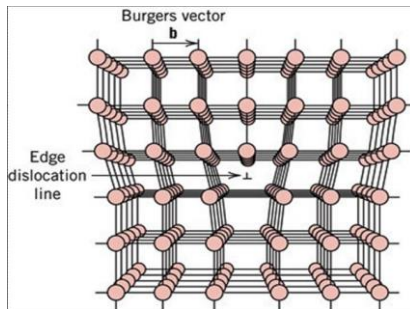
A utilização dessas chapas permitiu a fabricação de veículos de forma mais fácil e mais barata, o que gerou uma grande economia de energia para as empresas. Esse material fez um sucesso imediato na indústria japonesa e, em seguida, foi rapidamente adotado pelas empresas européias e americanas. Como era de costume, as empresas brasileiras tentaram comprar a tecnologia, mas o fabricante se recusou.

Vale ressaltar que essa não foi uma experiência isolada. Esse tipo de problema está na origem, por exemplo, da criação da Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Industriais (ANPEI). No final dos anos 1980, e ao longo da década de 1990, a preocupação das empresas com a promoção da P&D no País ganhou força. Com isso, houve um movimento de aceleração dessas atividades em nossas instituições de pesquisa e também nas empresas.

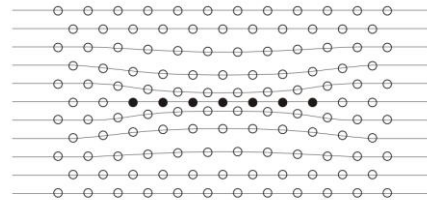
A Usiminas se interessou pela fabricação das chapas de aço por meio do processo inventado no Japão e procurou os pesquisadores da UFMG para avaliar a possibilidade de desenvolver um produto semelhante no Brasil. Nas reuniões periódicas com a empresa, dissemos: “- Olha, não dominamos a solução técnica, mas o princípio básico nós conhecemos”. O fato é que toda a matéria tem uma organização interna extremamente regulada. Qualquer pedaço de metal tem trilhões de átomos organizados segundo o mesmo padrão. Quando um átomo estrangeiro é introduzido nesse arranjo, ocorre um efeito perturbador em toda a rede, semelhante a uma reação de estranhamento.



Os átomos estrangeiros procuram se abrigar em “defeitos” da estrutura



Ou são confinados em regiões isoladas...



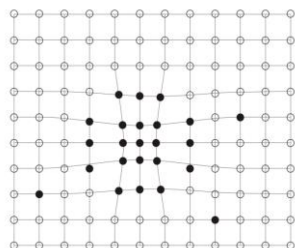
... deixando a rede liberada

Normalmente, para que o arranjo possa se estabilizar, o átomo estrangeiro procura se abrigar em algum lugar onde, por um acidente de destino, já havia uma quebra de regularidade. Ou então, ele se junta com outros átomos e todos ficam confinados em regiões isoladas do arranjo. Essa solução deixa a rede liberada.

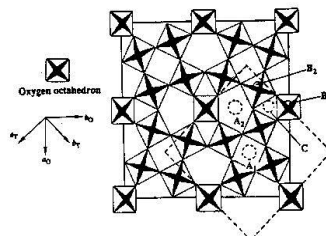
Para se obter o “bake-hardening”



Os átomos estrangeiros devem ser isolados, para a fabricação da peça à temperatura ambiente (chapa macia)...



... e serem liberados durante a secagem da pintura (temperatura elevada), gerando forte endurecimento



Tecnicamente falando, o que se faz para obter o “bake-hardening”? No início, você tem que produzir a chapa de aço macia e ela tem que ter um grande número de elementos, todos bem distribuídos. Para a fabricação da peça em temperatura ambiente, os átomos estrangeiros devem ser isolados e organizados, cada um no seu devido lugar. Depois, no processo de secagem da pintura, os átomos estrangeiros são liberados, gerando um forte endurecimento do material. Dessa forma, a chapa de aço fica altamente resistente.

Nesse caso, o segredo é induzir uma estrutura artificialmente, utilizando a vida social da matéria para realizar alguns compromissos dessa natureza. Porque este tipo de problema era interessante para a academia? Porque isso tem o que nós sabemos fazer melhor, o que é mais saboroso para o pesquisador.

Cálculo dos efeitos dos componentes nas propriedades do material



$$\epsilon^C = \begin{bmatrix} 0,38 & 0 & 0 \\ 0 & -0,044 & 0 \\ 0 & 0 & -0,044 \end{bmatrix} \quad \sigma \approx \frac{\mu b}{2\pi r}$$

$$\epsilon^N = \begin{bmatrix} 0,39 & 0 & 0 \\ 0 & -0,025 & 0 \\ 0 & 0 & -0,025 \end{bmatrix} \quad E_i = \sum \sigma_{ij}^d \epsilon_{ij}^s V$$

$$F = - \Delta E_i = - \frac{\partial E_i}{\partial r} \quad v = - \frac{D}{kT} \left[\frac{\partial E_i}{\partial r} \right]$$

$$w = 1 - \exp \left[- \alpha \rho \left(\frac{ADt}{kT} \right)^{2/3} \right] \quad \Delta Y \propto \alpha n_o \left[\frac{ADt}{kT} \right]^{2/3}$$

Nesta imagem, são apresentados alguns modelos utilizados para calcular qual é a deformação gerada por qualquer elemento novo que é introduzido no material. Essa

deformação vai se propagar, ela não fica concentrada num ponto, ela se espalha e se difunde até certo ponto. Dependendo da robustez da sua propagação, ela pode gerar um intenso campo de energia, que ocupa determinado volume. Esse campo de energia gera uma força que pode colocar os átomos se movendo com uma velocidade “V”. Isso depende de vários parâmetros. Desse modo, podemos observar o comportamento dos átomos estranhos e, para cada temperatura, pode-se trabalhar para imobilizá-los e para colocá-los em deslocamento com uma velocidade específica.

Por meio desse processo, criamos um tipo de nuvem e isso se traduz no endurecimento do material. Ou seja, eu posso fazer um modelo teórico que produza o efeito que se quer induzir e, para isso, coloca-se um pouco mais de silício, alumínio, manganês, nitrogênio, carbono etc. Esse tipo de modelamento nós fazemos com muita desenvoltura e competência na academia. Finalmente, nós testamos tudo isso e, para economizar a história, o resultado obtido foi a tese de João Francisco Pereira, cujo título é “*Cinética de envelhecimento por deformação de aços carbono com pequenas adições de fósforo, silício e manganês*”. Esta pesquisa gerou a patente “*Chapa Fina Laminada a Frio e Processo para sua Produção*”, que é da Usiminas e da UFMG. Neste caso, eu e o João Pereira somos os inventores, na condição de orientador e orientado.



TESE: João F. B. Pereira - Cinética de envelhecimento por deformação de aços carbono com pequenas adições de fósforo, silício e manganês.
PATENTE: Chapa Fina Laminada a Frio e Processo para sua Produção.
 Carta Patente no PI - 8701316

Grau	Composição Química (% em peso)					
	C	Mn	Si	P	S	Al
USI-BH-180	< 0,04	< 0,50	< 0,60	< 0,060	< 0,030	> 0,020
USI-BH-220	< 0,06	< 0,60	< 0,80	< 0,080	< 0,030	> 0,020
USI-BH-260	< 0,08	< 0,70	< 0,80	< 0,100	< 0,030	> 0,020

Composição Química - Valores garantidos

Se entrarmos hoje no *site* da Usiminas, poderemos observar que ela fornece chapas com três faixas de BH (180, 220 e 260), dependendo do nível de resistência do aço. A solução técnica encontrada na pesquisa mostrou que o processo de fabricação das chapas só teria sucesso se a indústria fosse capaz de controlar a composição química do material. Assim, por exemplo, temos que ter três átomos de nitrogênio para cem milhões de átomos de ferro. Diante deste problema, a usina nos disse: “- tudo bem, no laboratório vocês podem fazer isso, mas nós não seremos capazes de fazer o mesmo na linha de produção”. No entanto, eles conseguiram.

O que aconteceu? Eles tiveram que automatizar o processo produtivo e levaram para a usina o equipamento de Espectroscopia de Massa de Íon Secundário, que é aquilo que nós temos de mais sofisticado em nossos laboratórios. Isso era necessário e não podia ser de outra forma. Com isso, agora eles têm um grande orgulho de dizer que possuem um aparato de análise química que lhes permite garantir os valores da composição dos materiais.

Exemplos de outros produtos desenvolvidos em dissertações e teses

ABDI
Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

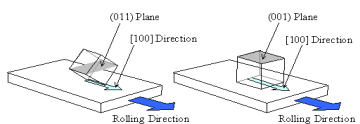
Lingotamento contínuo USIMEC



Materiais de alta resistência à abrasão contendo nióbio. CBMM



Aços Elétricos e Magnéticos Acesita



Aço Inoxidável Colorido InoxColor



Nós teríamos diversos outros exemplos desse tipo, mas vou lembrar, rapidamente, apenas alguns deles. Em primeiro lugar, foi assim que se desenvolveu a tecnologia brasileira de lingotamento contínuo, especialmente pelo trabalho dos alunos oriundos da Usimec. Da mesma forma, as nossas pesquisas permitiram o desenvolvimento, pela Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM), de materiais com alta resistência a desgastes. Esses materiais contêm Nióbio em sua composição química, que é um elemento relativamente abundante no Brasil. Também foi assim que se desenvolveram os ácidos elétricos e magnéticos fabricados pela Acesita.

Às vezes, nós falamos pouco da contribuição da universidade para o desenvolvimento tecnológico, por isso, me permitam fazer um breve comentário sobre os ácidos elétricos e magnéticos. Nós sabemos que a transmissão de energia elétrica tem um grande problema, que é a dissipação de grande parte da energia no percurso da transmissão. Embora esse material não seja o mais sofisticado da gama dos ácidos elétricos existentes, ele permitiu uma economia de 20% a 22% da energia que era perdida no processo de transmissão.

Vale lembrar que na época do “apagão” nós tivemos que economizar 22% da energia elétrica consumida no País. Se não existisse esse material, nós teríamos que economizar 42% de energia. Por isso, devemos agradecer à universidade brasileira por ter desenvolvido uma tecnologia que permitiu, em tempos de restrição do consumo de energia, que o nosso esforço de economia fosse reduzido pela metade. Para a academia essa aventura é muito interessante, pois gerou uma tecnologia genuinamente brasileira, totalmente nova e original.

Finalmente, vou fazer um último comentário sobre o desenvolvimento do aço inoxidável colorido, que é um produto muito interessante. O aço inoxidável, como nós sabemos, tem várias qualidades, é imune à corrosão, tem boas propriedades mecânicas etc. Mas ele tem um grave defeito. Trata-se da sua cor monocromática, que lhe dá um ar “frio e calculista”, uma aparência meio “hospitalar”. Com o objetivo de superar essa limitação, e

atender ao desejo dos clientes, principalmente dos arquitetos, uma empresa se interessou pela fabricação de aço com uma gama de cores, preservando as suas qualidades. Para atender essa demanda, nós desenvolvemos o novo produto com diversas tonalidades, que vão do dourado até o azul.

No contexto do registro de patentes, ocorre uma coisa muito interessante. No momento em que você registra uma patente, aparecem várias outras. Este fato ocorre não necessariamente porque o seu trabalho tenha sido copiado, embora isso também possa acontecer, mas em decorrência daquilo que os matemáticos chamam de teorema da existência e da unicidade. Quando as pessoas sabem que já existe uma solução técnica para determinado problema, surgem outras soluções semelhantes.

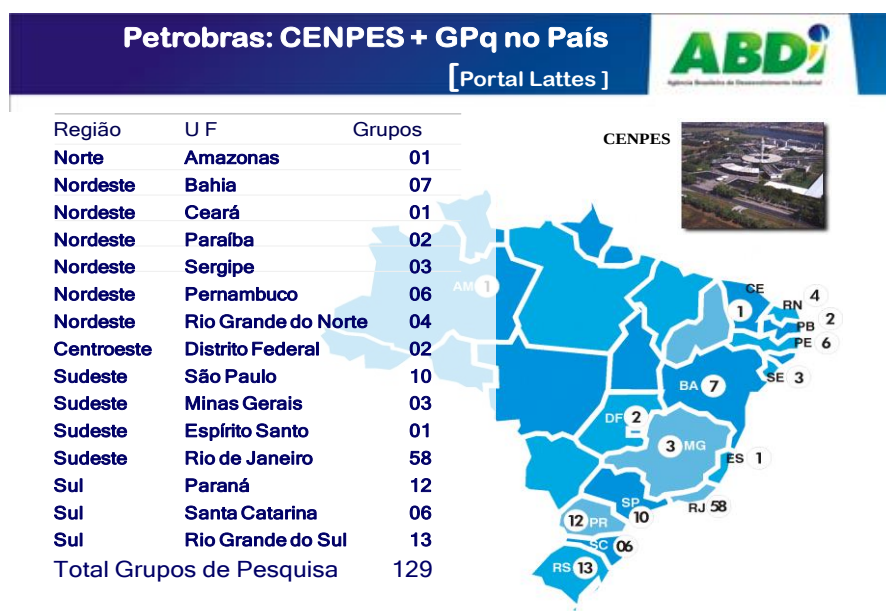
Nesse caso específico, foram desenvolvidos outras soluções parecidas na Inglaterra e na Austrália, mas a brasileira é a melhor. O processo de fabricação do aço colorido nesses países é ambientalmente muito agressivo, porque eles utilizam ácidos e outras coisas do gênero. O nosso processo trabalha apenas por meio da mudança de impulsos elétricos e, com isso, melhoramos a qualidade da inoxidabilidade do aço sem agredir o meio ambiente.

O que eu acho virtuoso nessa história é que era uma idéia realmente muito nova. Um empreendedor se interessou em abrir essa nova frente e contratou todos os estudantes que estavam trabalhando com isso na pós-graduação e na iniciação científica. A primeira geração desses materiais ficou com um forte brilho. Depois disso, os arquitetos pediram novos produtos para ambientes internos, com tonalidades foscas e formato abaulado. Por isso, os pesquisadores agora estão trabalhando numa solução que muda a rugosidade da superfície do aço e permite a obtenção de cores mais sóbrias. Tudo isso foi resultado de uma interação bem sucedida entre universidade e empresa. Esse tipo de interação não esgota o trabalho de criação e sempre abre novas linhas de desenvolvimento tecnológico.

Cooperação Universidade-Empresa: um aprendizado de diálogo

Quero fazer um convite para que as ciências humanas nos ajudem a compreender melhor a questão da formação de recursos humanos num ambiente de inovação. O exame sobre o processo de desenvolvimento tecnológico brasileiro nos mostra que o trabalho realizado pelas empresas e universidades foi, em essência, um aprendizado de diálogo.

Todos nós estamos habituados ao monólogo, onde a ênfase é colocada no locutor, existem poucas referências à situação alocutiva, o quadro da referência é único e há uma preponderância de falas afirmativas. Frequentemente, o nosso aprendizado daquilo que nós chamamos de diálogo se dá apenas por meio da convivência entre dois monólogos, onde um fala e o outro escuta, e vice-versa. Na formação de recursos humanos para a inovação, ao contrário, o aprendizado deve estar centrado no verdadeiro diálogo, em que a ênfase é colocada no interlocutor, existem múltiplos quadros de referência para a situação alocutiva e temos uma maior frequência de formas interrogativas.



Temos que cultivar o aprendizado dessa cultura de abertura para o diálogo. O caso da Petrobrás é um exemplo extraordinário, porque eles conjugam o trabalho interno de produção de conhecimento, realizado pelo Centro de Pesquisas da Petrobrás (CENPES), com o trabalho

de toda a universidade brasileira. A Petrobrás já assinou mais de 3.000 contratos com universidades do Norte ao Sul do País. Naturalmente, o número de contratos com grupos de pesquisa das engenharias é maior do que o de outras áreas, mas as parcerias realizadas incluem quase todas as áreas do conhecimento. Grupos de pesquisa da física, química, matemática, direito, ciências ambientais, biologia, entre outros, tiveram uma participação essencial nos projetos de desenvolvimento tecnológico da empresa.

Grande parte da produção acadêmica de nossas universidades foi provocada por parcerias dessa natureza. A pesquisa em engenharia de estruturas, particularmente, se beneficiou extraordinariamente disso. O exemplo da COPPE, comentado pelo Prof. Bevilacqua, talvez seja o caso mais luminoso, mas temos diversas histórias semelhantes em outras instituições de pesquisa. Dessa forma, a modernização e a originalidade da produção, inclusive acadêmica, da nossa engenharia vieram dessa interação entre universidade e empresa.

A interação com as empresas não prejudica a qualidade acadêmica da pesquisa universitária, mas, pelo contrário, pode ser condição necessária para a sua melhoria. Isso é verdade, por exemplo, para o caso do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFMG. Os cursos de mestrado e doutorado deste programa sempre tiveram os melhores conceitos nas avaliações realizadas pela CAPES e esta qualidade foi construída por meio desse contato com as empresas. Porque esse tipo de contato ajuda? No singelo exemplo que eu explorei, a pesquisa realizada gerou, ao mesmo tempo, tese de doutorado, patente e publicações nas melhores revistas.

A novidade é que a academia não estava acostumada a trabalhar com situações tão complexas. A interação com as empresas, portanto, abre um novo leque de possibilidades para a publicação dos resultados das pesquisas. Na experiência da UFMG, nunca houve grande dificuldade para se publicar. No máximo, tivemos que negociar um pouco com as empresas. Geralmente, publicamos aquilo que tem uma dimensão mais acadêmica e deixamos de

publicar os detalhes do processo de desenvolvimento tecnológico. Isso não chega a ser um problema, pois algumas dessas coisas nem precisam entrar nas publicações. Em muitos casos, por razões de marketing, as próprias empresas têm interesse em associar a imagem de seus pesquisadores e engenheiros aos pesquisadores universitários que publicam em periódicos importantes para a sua área de atuação.

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI)

Gostaria de fazer um rápido comentário sobre a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Esta agência nasceu junto com a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior – PITCE, que visa promover a modernização industrial e a inovação tecnológica nas empresas, em busca de uma elevação da competitividade do País no comércio internacional.

O diagrama apresenta a estrutura da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) sobre um fundo azul escuro. No topo, o nome da agência é exibido em letras verdes. Abaixo, há três caixas principais: à esquerda, o Conselho Deliberativo da ABDI (CD) em uma caixa cinza, vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia; no centro, o logotipo da ABDI; à direita, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI) em uma caixa verde, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e ao Governo e Sociedade Civil. Abaixo dessas caixas, as missões e o objetivo geral da agência são listados em texto branco.

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

CD
Conselho Deliberativo da
ABDI
Ministro da Ciência e
Tecnologia

ABDI
Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

GOVERNO e SOCIEDADE CIVIL
CNDI
Conselho Nacional de
Desenvolvimento Industrial
Ministro do Desenvolvimento,
Indústria e Comércio Exterior

Missão:
Promover o desenvolvimento industrial e tecnológico, por
meio do aumento da competitividade e da inovação

Objetivo Geral:
Articular e promover a execução da PITCE em interação
com os órgãos públicos e com a iniciativa privada

No Brasil as coisas não são simples e, por isso, a ABDI tem uma arquitetura complexa.

A agência depende, simultaneamente, do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) e do

Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). Por um lado, o Conselho deliberativo da ABDI é presidido pelo Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia. Ao mesmo tempo, nós também exercemos a função de Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial, que é presidido pelo Ministro de Estado do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Ambos os ministérios são interlocutores de igual importância para a agência. Temos um contrato de gestão com o MDIC que nos permite realizar a missão de promover o desenvolvimento industrial em articulação com diversos órgãos públicos e entidades da iniciativa privada.



A figura acima representa os eixos de atuação da ABDI, que é uma entidade que tem uma forte interface de articulação de esforços e de mobilização para a inovação. Na concepção adotada pela agência, o ambiente para a iniciativa nacional de inovação está organizado em quatro dimensões:

- (i) Talentos – dimensão humana da inovação, associada à criação do conhecimento, à educação e à qualificação da mão-de-obra;

- (ii) Investimentos - dimensão financeira da inovação – associada aos investimentos em P&D, ao apoio ao empreendedorismo e à promoção de estratégias de inovação de longo prazo;
- (iii) Infra-estrutura – dimensão física e política de apoio aos inovadores, que engloba redes de informação, transporte, saúde e energia, proteção à propriedade intelectual, regulação de negócios e estruturas para colaboração entre os *stakeholders* envolvidos no processo de inovação;
- (iv) Mercado – um dos elementos essenciais para a promoção da inovação, que envolve tecnologias-chave para aplicações comerciais, a consolidação de cadeias produtivas, a redução de barreiras de entrada etc.

Temos, por exemplo, o Programa Talentos para a Inovação, que visa mobilizar a academia, as empresas e o Governo para a definição de uma agenda estratégica para o País, que contribua para: consolidar a nossa base de cientistas e engenheiros; fortalecer a pesquisa multidisciplinar e interdisciplinar; ampliar a fronteira do conhecimento; e promover ações de capacitação de recursos humanos visando aumentar a competência inovativa do País.

A partir de um trabalho conjunto com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), definimos como foco o diálogo com as sociedades científicas. Inicialmente, foi feito um convite para sessenta e duas sociedades científicas brasileiras, e começamos a trabalhar com aquelas que se manifestaram primeiro, que são das áreas da física, matemática, química e engenharias. Com essas áreas nós caminhamos para protocolos elaborados, mas também já fizemos contatos com a Federação de Sociedades de Biologia Experimental (FeSBE) e com as áreas de fármacos e medicamentos.

Pesquisa: mudanças de institucionalidade

O que o Programa de Talentos para Inovação tenta captar? Em primeiro lugar, a mudança da institucionalidade do empreendimento científico. A pesquisa científica nasceu entre as paredes do laboratório e ficou confinada por um longo tempo nesse universo. Agora, cada vez mais, ela ganha a cidade e se aproxima do contexto da solução de problemas, com a participação de múltiplos atores. Esses novos atores não trazem apenas uma heterogeneidade de *expertise* para o empreendimento científico, mas também operam como em um fórum, onde a pesquisa é discutida levando em consideração as necessidades de desenvolvimento do País.

A sociologia desse processo é diferente, pois ela traz diferentes grupos sociais que introduzem novas questões *accountability* na pesquisa científica. Essa mudança vai nos mostrar que a excelência científica não implica em ficar indiferente à realidade que nos cerca. Segundo Helga Nowotny, da União Européia, a pesquisa produzida nesse ambiente agrega valor na busca de um produto melhor, de um conhecimento com mais qualidade.

Também temos que levar em conta o fenômeno da chamada convergência tecnológica. Nós não podemos mais trabalhar em campos isolados, como nós fazíamos até pouco tempo, porque as coisas não operam mais dessa forma. Temos, por exemplo, o caso da convergência entre a nanotecnologia e a biotecnologia, que gera a nano-biotecnologia. Esse fenômeno também atinge todas as Tecnologias da Informação e Comunicação e a neurociência. Esses novos desenvolvimentos têm gerado uma série de trabalhos inovadores nos campos da memória, lógica, cálculo, identificação, avaliação, reconhecimento e tradução simultânea, novos mecanismos de pilotagem, sistemas especialistas etc.

Há um universo absolutamente novo em que podemos observar a convergência entre as mais variadas tecnologias. Nós já experimentamos, no dia-a-dia, um celular que não é apenas um telefone, e cada vez mais fica difícil saber a diferença entre o computador e a

televisão. A televisão está desaparecendo e se transformando num computador, a própria TV digital já nos coloca essa nova realidade.

Finalmente, quero ressaltar um pouco mais a importância da mudança de governança na realização da pesquisa científica e tecnológica, com a inclusão de múltiplos parceiros. Aquilo que era controlado apenas pelo desejo cognitivo e pelos imperativos das escolhas acadêmicas, agora incorpora outras variáveis e também leva em consideração a opinião pública. É impressionante ver, por exemplo, a discussão da Lei de Biosegurança, que mobilizou a opinião pública de uma maneira extraordinária. As pesquisas também levam em conta a complexidade das interações entre os níveis local, nacional e internacional, e entre as instituições de ensino e pesquisa, o Governo, as empresas e os indivíduos. A idéia de colaboração se tornou onipresente e obsessiva. Com ela, se fortalecem e se desenvolvem novas formas de cooperação Universidades-Empresa.

Inovação: terreno de incertezas e clima de controvérsias

Sabemos que inovação é um terreno de incertezas e de controvérsias. Se perguntarmos o caminho para uma pessoa, ela vai indicar um com certeza. Se perguntarmos para três pessoas, cada uma vai apontar o seu caminho. Essa pluralidade de visões não constitui um problema, ela é, antes de tudo, parte da solução. Não apenas porque não há nenhum iluminado que saiba exatamente para onde vamos, mas também porque a construção de soluções é coletiva. Ela exige uma legitimidade que só pode ser alcançada por meio de um processo que envolva um conjunto múltiplo de atores.

A inovação, portanto, exige que se mapeie o dissenso e se aprenda a construir visões convergentes. Muito singelamente, o grande filósofo Caetano Veloso que nos diz: *“não espero pelo dia em que todos os homens concordem, apenas sei de diversas harmonias bonitas*

possíveis sem juízo final". De novo, eu peço socorro à Sophia de Mello, que adota uma opção radical pela possibilidade de enfrentamento e criação do novo. Ela resume esse sentimento de uma forma bonita e elegante, dizendo: *"... Por isso recomeço sem cessar a partir da página em branco. E este é o meu ofício de poeta para a reconstrução do mundo"*. A formação de recursos humanos no ambiente de inovação é a busca de um clima que favoreça a formação de um novo profissional em contato com essas questões.

Obrigado!

Formação em Engenharia

Nival Nunes de Almeida⁵

Na pessoa do Conselheiro Paulo Barone, gostaria de agradecer ao Conselho Nacional de Educação (CNE), aos organizadores e a todos aqueles que apoiaram a realização desse simpósio, pela possibilidade de poder compartilhar com vocês algumas reflexões sobre o tema da formação de recursos humanos no campo das engenharias.

Para mim este é um momento histórico, não apenas pela oportunidade de vir ao CNE discutir esse importante tema, mas por ver que o Conselho está se aproximando novamente das escolas de engenharia, do setor produtivo e das instituições de ensino que formam os nossos engenheiros, tecnólogos e outros profissionais que atuam no campo tecnológico.

Eu vou dividir a apresentação em quatro seções: 1) Antecedentes históricos; 2) A Academia e o Conselho Profissional; 3) O Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior – SINAES; 4) Considerações finais.

Antecedentes históricos

Quero lembrar um pouco a origem da engenharia no Brasil, e também o surgimento da física, das ciências naturais e da matemática em nosso País. Em 1699, ainda no período colonial, já tínhamos uma proposta de currículo para a engenharia nacional, cujo objetivo era estabelecer uma logística de fortificações em nosso território. Em 1792, foi criada a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, onde teve início o ensino das disciplinas que serviriam de base para a engenharia brasileira.

⁵ Reitor da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Presidente do Conselho dos Reitores das Universidades Brasileiras (CRUB), Vice-Presidente da Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE).

Posteriormente, em 1810, surge a Academia Real Militar, de onde descende, em linha direta, a Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Esta instituição, criada em 1874, foi, de fato, a nossa primeira escola de engenharia. Juntamente com o Instituto Militar de Engenharia, a Escola Politécnica da UFRJ deu origem ao ensino acadêmico da engenharia no Brasil.

O nosso ensino de engenharia começa com uma formação disciplinar. No Império, os alunos usavam uniformes militares e tínhamos uma formação estritamente militar. Apesar disso, o currículo dos cursos era, para os padrões vigentes na época, muito interessante. Os alunos iam para campo estudar na prática o que aprendiam em sala de aula. Os professores, em sua maioria, atuavam como engenheiros no mercado de trabalho e se dedicavam ao ensino apenas em tempo parcial.

Algumas coisas que eu vejo hoje no perfil dos egressos e, às vezes, no projeto político-pedagógico de alguns cursos de engenharia, são bem similares ao trabalho desenvolvido pelo professor Silva Teles na elaboração do projeto pedagógico da Escola Politécnica da UFRJ.

A formação da engenharia nacional também passa pela Universidade do Brasil e pelo Estatuto das Universidades Brasileiras. Por que estou colocando isso? Porque a Escola Politécnica da UFRJ, a Faculdade Nacional de Direito e a Escola Nacional de Medicina formaram, juntas, a primeira universidade do País, a Universidade do Brasil, depois transformada em UFRJ. Para termos uma idéia do que eu estou falando, vou citar o art. 1º do Estatuto das Universidades Brasileiras, segundo o qual:

“... O ensino universitário tem como finalidade: elevar o nível da cultura geral, estimular a investigação científica em quaisquer domínios dos conhecimentos humanos; habilitar ao exercício de atividades que requerem preparo técnico e científico superior; concorrer, enfim, pela educação do indivíduo e da coletividade, pela harmonia de objetivos entre professores e estudantes e pelo aproveitamento de todas as atividades universitárias, para a grandeza na Nação e para o aperfeiçoamento da Humanidade” (Art.1º, Decreto No. 19.851, de 11 de Abril de 1931).

Em 1934, surge, com um projeto inovador, a Universidade de São Paulo (USP). Neste mesmo período, foi constituída a Universidade do Distrito Federal (UDF), mas com uma visão um pouco diferente. A UDF contou com alunos ilustres, como Joaquim Costa Ribeiro, César Lattes e outros que formaram uma nova elite pensante, diferente daquela formada nas escolas tradicionais. Depois, no início dos anos 1960, foi criada a Universidade de Brasília (UnB). A consolidação dessas três instituições contribuiu para a formação de nova geração de professores e profissionais da educação.

O surgimento do Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), na década de 1950, também contribuiu para a formatação de um novo modelo de ensino superior, que foi consolidado na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) de 1961. Com a LDB, também temos o prenúncio da pós-graduação no Brasil. Neste mesmo ano, tem início o primeiro programa de mestrado em engenharia do País.

Como ressaltou o professor Bevilacqua, em 1963, por meio de iniciativa do professor Alberto Coimbra, surge a COPPE/UFRJ. Nesta época, também temos a consolidação da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC/Rio). As primeiras teses foram defendidas em 1964 e 1965, se eu não me engano, na PUC, em Engenharia Elétrica, e na UFRJ, em Química. Dessa forma, a partir desses desenvolvimentos, temos o nascimento de um modelo inovador na metodologia do ensino superior brasileiro.

Se, por um lado, na proposta inicial da USP e da UDF nós já tínhamos uma pretensão de incentivo à investigação científica, por outro, com entrada em campo da UnB, do ITA, da COPPE, da PUC/RJ e de outras instituições, temos um verdadeiro impulso na tentativa de introduzir um modelo de pesquisa em nosso País. Desde 1951, já existiam o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). No entanto, o País ainda não tinha um modelo de pós-

graduação para consolidar. Em 1965, o Conselho Federal de Educação edita o Parecer Sucupira, que define o modelo que serviria de base para o desenvolvimento da pós-graduação brasileira.

No início da pós-graduação, não havia uma seqüência entre mestrado e doutorado. O Parecer Sucupira permitia, por exemplo, que houvesse apenas o doutorado. A reforma de 1968 altera um pouco esse quadro e também cria os departamentos, ao mesmo tempo em que extingue as cátedras. Não saberia dizer se isso foi bom ou ruim, mas ainda hoje temos a estrutura dos departamentos, que foram criados nessa época.

É interessante lembrar que a criação da pós-graduação nos remete à formação dos profissionais que depois iriam atuar fortemente no ensino da graduação das universidades. Como foi dito anteriormente, pelo professor Bevilacqua e pelo Marcos Formiga, esse modelo de pós-graduação permitiu a dedicação dos professores em tempo integral para as atividades de ensino e pesquisa e a consolidação de um modelo de dedicação exclusiva nas universidades federais. Algumas universidades estaduais e comunitárias (em particular, a PUC/Rio) também implementaram esse modelo. No entanto, se na pós-graduação temos uma linha crescente, na graduação ocorre uma relativa estagnação.

O Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA) teve que ter uma nova postura para entender o tipo de formação de engenheiro que, no início dos anos 1970, surge a partir da própria demanda de mercado. Vale lembrar que, em 1965, surgiu o Fundo de Tecnologia - FUNTEC e, depois, a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), que permitiram um grande investimento na consolidação do parque científico e tecnológico nacional. Este também foi um momento histórico para a formação do nosso potencial de pesquisa nas áreas da engenharia. Se, por um lado, a pós-graduação avançava, por outro, o CONFEA mantinha uma postura cartorial, que prejudicava a interação de algumas unidades com cursos de engenharia de graduação e de pós-graduação.

O antigo Conselho Federal de Educação, então, editou a Resolução No. 48/76, que definiu três tipos de engenheiro para a graduação, tentando fazer uma aproximação com o momento vivenciado no âmbito da pós-graduação. De acordo com essa Resolução, teríamos: (i) o engenheiro de concepção, por exemplo, o engenheiro oriundo do ITA; (ii) o engenheiro de ligação; (iii) e o engenheiro de execução, talvez o engenheiro operacional daquele momento. Daí a necessidade de mecanismos flexíveis na formação do engenheiro, que lhe assegurassem uma boa base científica e que permitissem a sua rápida adaptação às situações de demanda relacionadas com o emprego de novas tecnologias.

Outro momento histórico importante na formação de engenheiros é a Constituição Federal de 1988, que introduziu a necessidade de avaliação, pelo poder público, de todo o ensino superior brasileiro. Posteriormente, em 1995, o Ministério da Educação (MEC) introduziu o Exame Nacional de Cursos, o Provão, consolidando a prática de avaliação periódica dos cursos de graduação. Também não podemos esquecer a importância do estabelecimento da nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), por meio da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

Gostaria de citar a experiência inovadora do Programa de Desenvolvimento das Engenharias - Prodenge e do Sub-programa de Reengenharia do Ensino de Engenharia - Reenge, implementados em 1995. Na época, eu era diretor de uma escola da Faculdade de Engenharia da UERJ e, com o incentivo desses programas, nós tivemos um forte impulso na indução de novos projetos na graduação e na pós-graduação. Era uma escola que atuava fortemente na graduação e só tinha um curso de mestrado. Nós conseguimos melhorar a interação entre os departamentos, por meio de projetos interdisciplinares, e hoje a escola tem cinco cursos de mestrado e um de doutorado.

Finalmente, para encerrar essa breve retrospectiva histórica, em 1997, foi lançado um Edital para tratar das diretrizes curriculares dos cursos de engenharia. Foi um momento muito

interessante, que resultou na publicação, em 2001, das atuais Diretrizes Curriculares Nacionais que regem a estruturação dos cursos de engenharia em todo o território brasileiro.

A academia e o conselho profissional

A Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE) participou ativamente da discussão das Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de Engenharia, pois, se tínhamos a possibilidade de avançar, deveríamos considerar o formato dessas diretrizes. Depois, a ABENGE também atuou junto ao CONFEA na discussão das diretrizes que este conselho aprovaria, baseadas nos pilares definidos pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), que incluem os seguintes saberes: saber conhecer, saber fazer, saber ser e saber conviver.

Em 2001, a Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação (CES/CNE) aprovou o Parecer No. 1362, que define as diretrizes curriculares dos cursos de Engenharia. Estas diretrizes caracterizam um determinado tipo de formação.

Eu quero provocar a fala do professor Luiz Bevilacqua com relação ao novo modelo de curso da Universidade Federal do ABC. É apenas uma provocação, pois gostaria de ouvir mais o professor Bevilacqua. A Universidade Federal do ABC deve formar um Bacharel em Ciência e Tecnologia, o que é uma proposta muito interessante, em cursos com duração aproximada de três anos. Este projeto constitui uma inovação na área tecnológica, mas não atende, a princípio, as diretrizes curriculares dos cursos de engenharia. Acredito que a intenção seja conceder um diploma de “estudos superiores”, com a possibilidade de que o egresso do curso possa, posteriormente, obter habilitações específicas em determinadas áreas de engenharia, ou então prosseguir com os seus estudos em nível de pós-graduação.

Gostaria de refletir um pouco sobre a Resolução CNE/CES 11/2002 e a definição das chamadas competências e habilidades que estão associadas ao perfil de conclusão dos cursos. As diretrizes curriculares entram na pauta de discussão quando as escolas estão fazendo ou atualizando os seus currículos. Neste momento, todos falam muito sobre as competências e habilidades profissionais, mas quando chega a hora de dizer o que se deve realmente fazer no curso, alguns se parecem com aquele teórico de natação, que ensina nadar, mas que nunca praticou o esporte. Tem sempre alguém que sabe tudo, mas que ainda não enfrentou uma coordenação de curso.

Nessa discussão, devemos levar em consideração certas características do sistema educacional brasileiro. Algumas universidades têm condições de recrutar os melhores alunos (das “faixas A e B”). Nesse sentido, uma universidade pública federal pode tranquilamente formar esse aluno como um bom engenheiro, dentro da concepção estabelecida pelo Parecer CFE 48/76. Mas para uma escola de médio porte, que pega os alunos das “faixas C e D”, isso fica muito mais difícil.

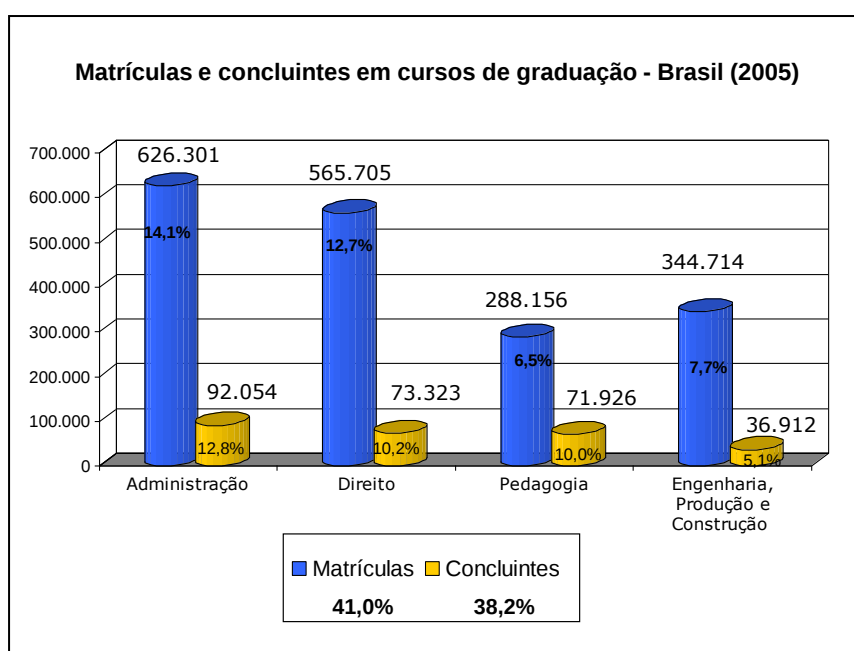
A complexidade do tema está relacionada com a Educação Básica. Nós fizemos um levantamento na Grande Tijuca, que é um bairro tradicional do Rio de Janeiro, e o único colégio de ensino médio que tinha um laboratório funcionando era o Colégio Militar do Rio de Janeiro. Ora, se o aluno não tem um laboratório de biologia, de química e de física, como é que ele vai despertar para o ensino nas áreas tecnológicas ou nas áreas de engenharias?

Temos que ter essa preocupação. Eu repito, algumas escolas trabalham com alunos das “faixas C e D” e outras com alunos da “faixa E”. Por isso, o Programa Universidade para Todos - PROUNI é interessante. Ele permite o acesso ao ensino superior a estudantes que, de outra forma, estariam excluídos deste nível de ensino. Na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), por exemplo, dos vinte e três mil alunos que temos atualmente, nove mil são cotistas. A renda média desses alunos é inferior a R\$400,00. Esses alunos, normalmente,

vieram de escolas públicas e nós temos que resgatá-los e ensinar novamente para eles cálculo e física, num modelo tradicional, sem inventar muito.

Se quisermos ampliar esse modelo, devemos desenvolver novas metodologias de ensino para essas matérias. Esse problema não é trivial. Vou citar como exemplo uma experiência que vivenciei quando participei de uma equipe do Provão. Em uma das questões de eletromagnetismo, que envolvia derivadas (múltiplas, parciais, etc.), a média nacional dos estudantes, numa escala de 0 a 10, foi abaixo de 1.

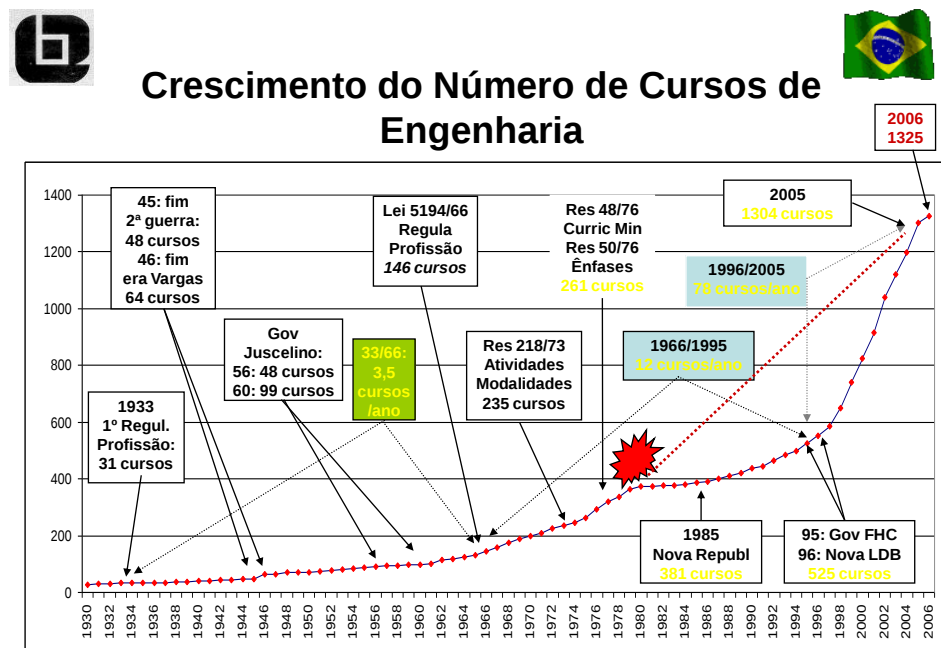
Podemos perceber que fica difícil conciliar o desejo de ter um currículo de ponta com um modelo de ensino que atenda às necessidades dos alunos de baixa renda, com maiores deficiências educacionais. Desenvolver um currículo inovador é razoável para certo tipo de universidade. Para um centro universitário, ou para uma faculdade integrada, isso, às vezes, fica mais difícil. Devemos discutir esse problema e tentar definir com clareza o que são as chamadas competências e habilidades profissionais. Essa é uma reflexão que eu acho que poderia ser discutida aqui no CNE.



Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP)

Censo da Educação Superior (2005)

Os dados apresentados no histograma acima são bem conhecidos e mostram o número de matrículas *versus* o número de concluintes em alguns cursos de graduação no País. A grande diferença existente entre o número de matrículas e de concluintes é um forte indicador do grave problema de evasão que temos em nosso sistema de educação superior. No caso dos cursos da área de Engenharia, Produção e Construção, frente a um total de quase 345 mil matrículas, temos apenas 36.912 concluintes. Nos cursos de direito, a evasão é um pouco menor, mesmo assim, temos aproximadamente de 73 mil concluintes em comparação com um universo de quase 566 mil matrículas. Esses dados revelam um problema há muito conhecido e que deve ser objeto de políticas públicas específicas.

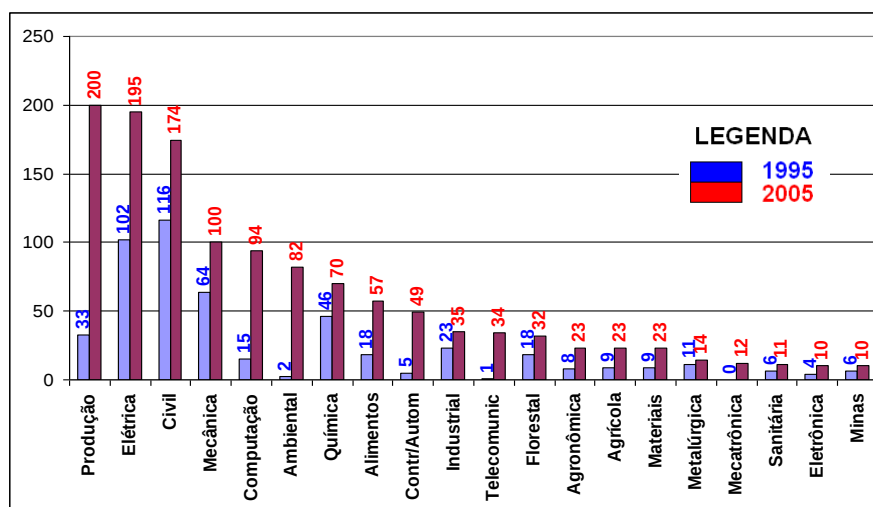


Fonte: Organizado por Oliveira - 2005 - Dados INEP, 2005

Podemos observar que, no período de 1930 a 2006, há um crescimento importante dos cursos de engenharia no Brasil. O gráfico acima foi elaborado pelo professor Vanderlí Fava

de Oliveira, nosso colega da ABENGE, e ilustra algumas fases da Engenharia nacional. De 1933 a 1966, podemos observar taxas relativamente estáveis de crescimento da oferta, em torno de 3,5 cursos por ano. Com a promulgação da Lei No 5.194/66, que regulamentou a profissão no País, e o chamado “milagre econômico brasileiro”, há uma elevação nas taxas anuais de crescimento dos cursos de engenharia. No final da década de 1970, ocorre o desaquecimento da economia e temos uma quebra nesse ritmo de crescimento, que dura praticamente uma década. Finalmente, volta a crescer o número de cursos e, a partir de 1995, temos uma explosão das taxas de crescimento, principalmente em decorrência da expansão do ensino privado.

Modalidades (>10): Crescimento (1995 X 2005)

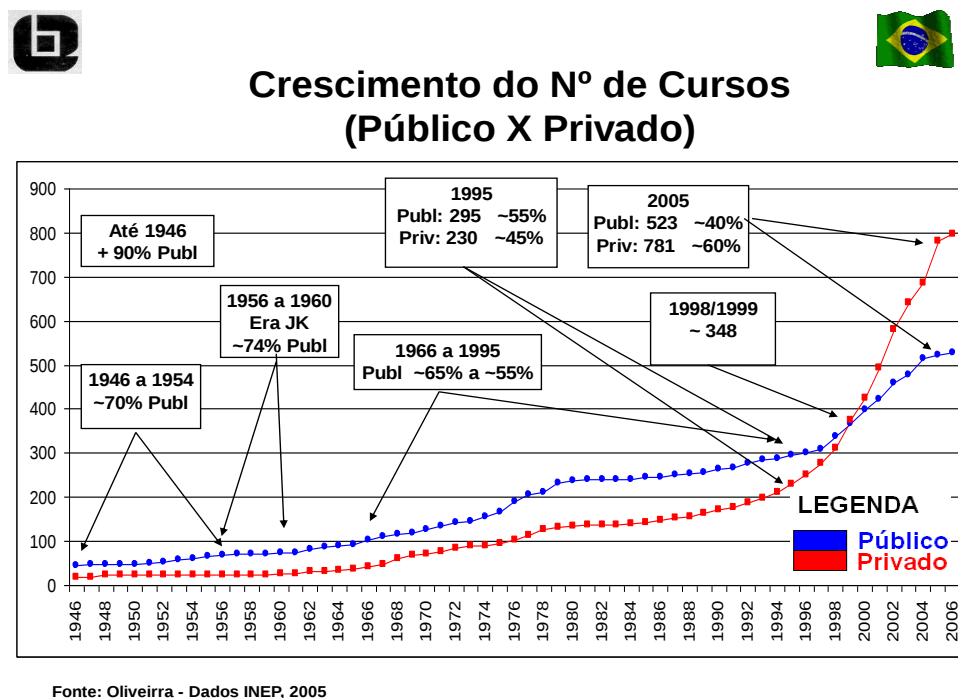


Fonte: Organizado por Oliveira - 2005 - Dados INEP, 2005

O gráfico acima apresenta o crescimento relativo das diversas áreas da engenharia, por meio de uma comparação entre o número de cursos em 1995 e 2005. É interessante observar que, em apenas uma década, a engenharia de produção teve um aumento vertiginoso. Esta é uma área que, a princípio, não precisa de muitos laboratórios e que tem um lado meio lúdico, em decorrência da sua proximidade com o mercado. Outros cursos que tiveram um crescimento significativo são os das áreas de computação, ambiental, elétrica, civil, alimentos,

controle/automação e telecomunicações. Por outro lado, as engenharias de minas, sanitária e eletrônica tiveram um crescimento relativamente inexpressivo. Outro dado interessante é que há duas diretrizes curriculares para a engenharia de computação, uma pela ciência da computação e outra pela engenharia.

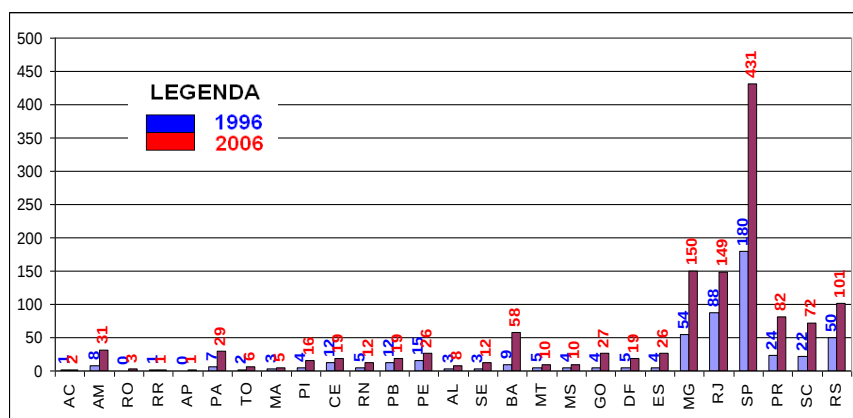
Como falei anteriormente, as pesquisas mostram que, nos últimos anos, houve um maior crescimento de cursos privados em comparação com os cursos ofertados por instituições públicas. O gráfico a seguir apresenta os dados disponíveis sobre o período de 1946 a 2006.



Outra questão extremamente relevante é o problema da concentração de cursos e instituições nas regiões Sul e Sudeste do País, principalmente no Estado de São Paulo. Por outro lado, existem poucos cursos de engenharia nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. A expansão da oferta do ensino para localidades dessas regiões é de extrema importância para uma nova estratégia de desenvolvimento regional.



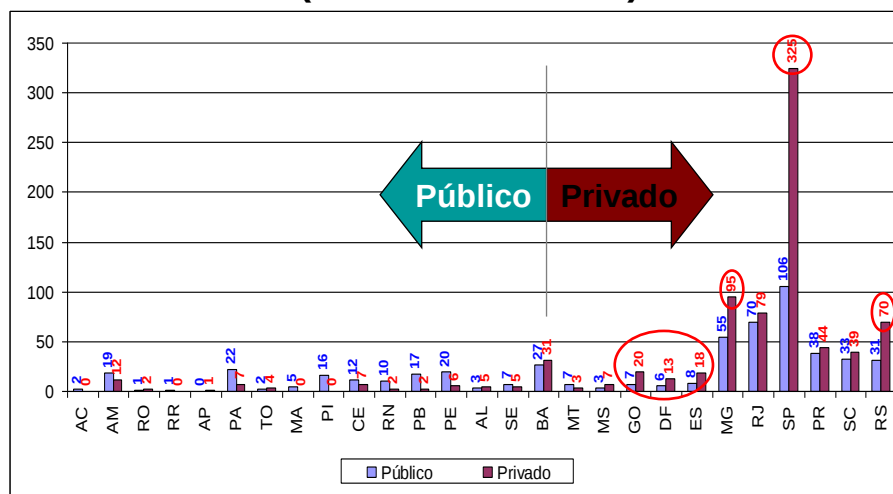
Distribuição Cursos por Estado (1996 X 2006)



Fonte: Organizado pelo Autor - Dados INEP, 2005



Distribuição Cursos por Estado (Público X Privado)



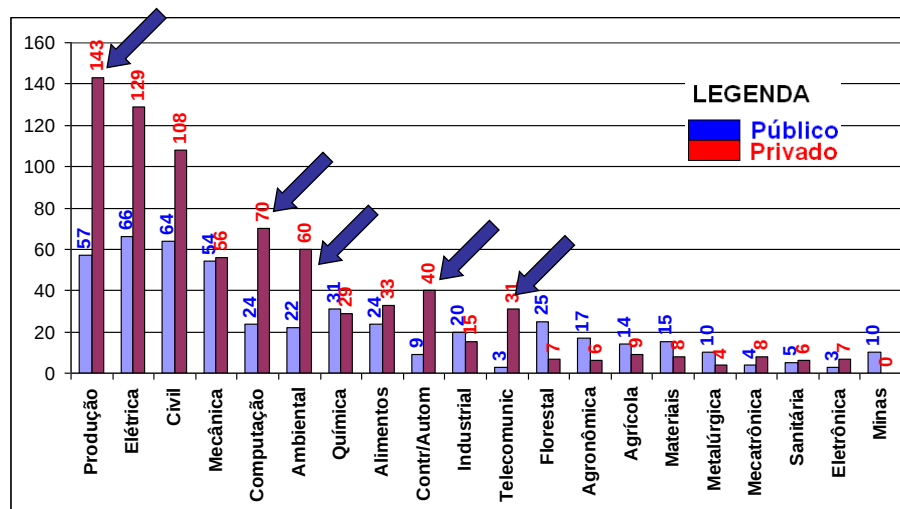
Fonte: Organizado pelo Autor - Dados INEP, 2005

Também merece destaque o crescimento acentuado das modalidades dos cursos de engenharia. Esse problema foi abordado pelo Marcos Formiga em sua apresentação hoje pela manhã. No período de 1995 a 2005, o número total de títulos para os cursos de engenharia subiu de 88 para 153 denominações diferentes (especialmente no caso das habilitações

específicas). Temos, portanto, um número muito elevado de modalidades e habilitações, o que demonstra certa tendência para a especialização, em detrimento de uma formação mais generalista.



Modalidades (>10): Público X Privado



Fonte: Organizado pelo Autor - Dados INEP, 2005

As áreas que tiveram um maior incremento no número de modalidades de curso, especialmente no âmbito das instituições privadas, são as engenharias de produção, elétrica, civil, computação, ambiental, controle e automação, e telecomunicações. Outra coisa interessante é o crescimento do número de cursos de elétrica, eletrônica e de telecomunicações, pois ainda pensamos estas áreas apenas como ênfases, habilitações ou modalidades.

Em termos globais, tínhamos, em 2005, 1.400 cursos de Engenharia, com aproximadamente 270 mil estudantes, 36.912 concluintes e 35 mil docentes. De acordo com dados da CAPES, neste ano de 2007, o País conta com 284 programas de pós-graduação em

Engenharia reconhecidos pela agência, que representam 11,6% do total de programas de pós-graduação. Estes programas abrangem 416 cursos (11,4% do total), sendo: 280 cursos de mestrado acadêmico (11,6%); 136 cursos de doutorado (10,9%); e 16 cursos de mestrado profissional (18%). Em 2007, também tivemos a possibilidade de apresentar cerca de 80 novos cursos de pós-graduação, em grande parte nas engenharias. Este é um fato significativo para o ensino de engenharia no Brasil. Em seguida, apresento uma tabela com os dados referentes ao ano de 2005.

Educação em Engenharia em Números

	Cursos	Nº de Estudantes	Nº de Titulados	Nº de Docentes
Graduação	1.400	270.000	36.912	35.000 (?)
Mestrado	280	12.989	4.672	4.894
Doutorado	126	6375	1.114	
Mestrado Profission.	16	-	-	

Fonte – Oliveira e CAPES - 2005

Para entender um pouco a visão da CAPES sobre o ensino de engenharia, retirei algumas referências sobre este tema de um documento recente da agência. Não sei dizer se a CAPES está realmente conversando com o setor produtivo, mas essa preocupação é colocada explicitamente. De acordo com este documento de 2007: “O desenvolvimento empresarial necessita de engenheiros para seu planejamento e operação... A engenharia de boa qualidade determina o desempenho das empresas ou indústrias... A velocidade de desenvolvimento do setor empresarial de uma nação depende da possibilidade de engenheiros altamente

qualificados”. Ou seja, os engenheiros que nós estamos formando deveriam se enquadrar nesse modelo. No entanto, segundo os estudos realizados pela ABENGE, ainda há uma grande dificuldade para atendermos plenamente esse tipo de formação.

Os estudos feitos pela ABENGE a partir dos resultados do Provão e do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes – ENADE mostram que os alunos têm uma boa formação tecnológica, mas há certa dificuldade na obtenção da formação científica. Estou falando das médias nacionais e não dos casos específicos das universidades de ponta. Até que ponto os egressos dos cursos de engenharia possuem a formação desejável para o desenvolvimento empresarial? A engenharia é de boa qualidade? Sim, ela é de boa qualidade. Mas até que ponto nós temos a obsolescência desse profissional? Essas são algumas perguntas que temos feito em nosso questionário sócio-econômico e também aos coordenadores de cursos. Depois, fazemos uma correlação entre as informações dos estudantes, os resultados do Provão e do ENADE, e a avaliação dos coordenadores.

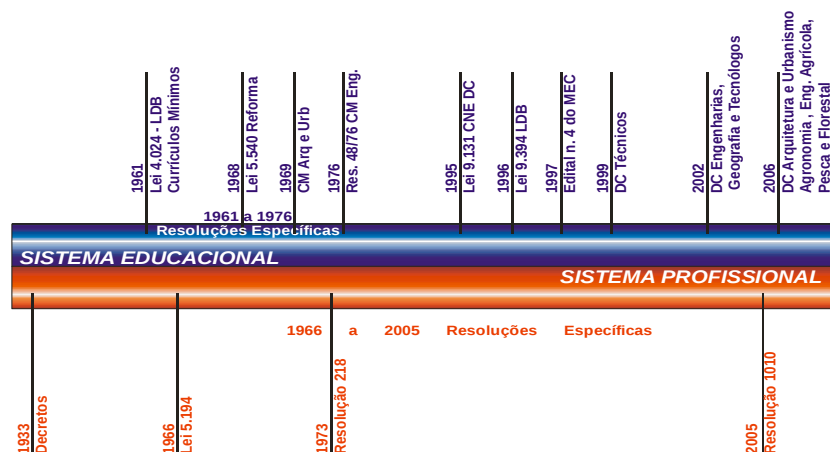
Na visão da ABENGE, no âmbito da pós-graduação, ainda há um pouco de conservadorismo na avaliação dos cursos de engenharia, pois a CAPES continua pensando apenas nas áreas mais tradicionais. A agência precisa discutir mais fortemente a questão da interdisciplinaridade e, principalmente, avançar no incentivo aos mestrados e doutorados interdisciplinares.

Em quais áreas devemos formar os nossos profissionais? Quais são as áreas, vamos dizer assim, portadoras de futuro? Seriam as áreas de novos materiais, meio ambiente, transporte, comunicação, gestão e energia? Não sabemos dizer ao certo. Tenho aqui em minha mão um *pen drive*. Há 30 anos, quem diria isso iria existir? Nesta época, eu lembro que ia para o Núcleo de Computação Eletrônica da UFRJ, com uma caixa de cartões de memória. Ficávamos olhando uma tela para compilar e rodar um programa em Fortran. Depois, nós começamos a rodar os programas em Pascal, no disco de oito polegadas. Isso sem pensar no

período em que ainda utilizávamos a regra de cálculo ou a tábua de logaritmos. Isso é muito interessante, há 30 anos ninguém pensava que a informática iria se desenvolver com a velocidade que presenciamos nas últimas décadas.

Será que essas áreas que citei anteriormente serão as áreas fundamentais para o desenvolvimento das engenharias? Como formar o profissional do futuro? E como interagir com o conservadorismo dos conselhos profissionais? Esse é outro problema importante, que deve ser objeto de uma discussão permanente. Eu entendo que o conselho profissional também existe para proteger empregos e economias. Alguns países têm um sistema de proteção que funciona, vamos dizer assim, como uma corporação. Mas, independente do corporativismo, nós temos que discutir com os conselhos as mudanças necessárias no perfil dos profissionais. Felizmente, hoje o CONFEA tem uma visão tão flexível quanto às novas diretrizes curriculares.

CONCEPÇÕES CURRICULARES E PROFISSIONAIS



Na vigência da legislação anterior, a organização dos cursos esteve sujeita a currículos mínimos padronizados, com matérias obrigatórias, desdobradas e tratadas como disciplinas. A flexibilidade agora prevista abre um horizonte de liberdade, no qual a escola constituirá o currículo do curso a ser oferecido, estruturando um plano de curso contextualizado com a realidade do mundo do trabalho.

Nesse contexto, qual é o papel das Instituições de Ensino Superior (IES) na formação dos profissionais de engenharia? Qual é o perfil do egresso? Essas questões são fundamentais, pois temos que projetar um novo aluno e saber quais são as competências e habilidades necessárias para a inserção regional e social dos egressos no mundo do trabalho. O papel das IES é importantíssimo, uma vez que não é trivial trabalhar com um aluno da faixa “C ou D” e transformá-lo em um ótimo engenheiro.

Como está avançando o papel do sistema CONFEA/CREA e como é que este sistema está entendendo esse novo profissional? Se os currículos mínimos não existem mais, o conselho também deve possibilitar a liberdade e a flexibilidade do exercício profissional através, por exemplo, de uma resolução assentada no conceito de competências. A Resolução CONFEA no. 1.010/2005 faz a articulação entre a concepção do Conselho em relação às competências para o registro profissional dos egressos dos cursos de engenharia e as diretrizes curriculares estabelecidas pela nova legislação.

A nova resolução do CONFEA segue as seguintes diretrizes: visão holística do espectro profissional; tratamento diferenciado para categorias distintas; tratamento igualitário para os níveis profissionais; interpenetração das modalidades; harmonia para o tratamento das profissões inseridas no Sistema por força de Lei específica; definição coerente para as atividades profissionais; coerência para a atribuição de títulos profissionais; independência entre título profissional e acadêmico; abertura para a extensão das atribuições iniciais; adequação às diretrizes curriculares; abrangência para incorporação de novos campos.

Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior - SINAES

No âmbito do Exame Nacional do Desempenho do Estudante (ENADE), quantas áreas de engenharia nós temos para fazermos uma prova que atenda às diretrizes curriculares e os diferentes perfis de egressos? Por exemplo, para fazer uma prova para engenharia civil, temos que atender as áreas de cartografia, agrimensura, recursos hídricos, geológicos e sanitários.

Desse modo, para as áreas de engenharia, o ENADE foi dividido em oito grupos:

- Grupo I – Cartográfica, Civil, Agrimensura, Recursos Hídricos, Geológica e Sanitária;
- Grupo II – Computação, Comunicações, Controle e Automação, Redes de Comunicação, Telecomunicações, Elétrica, Eletrônica, Eletrotécnica, Industrial Elétrica e Mecatrônica;
- Grupo III – Aeroespacial, Aeronáutica, Automotiva, Industrial Mecânica, Mecânica e Naval;
- Grupo IV – Bioquímica, Alimentos, Biotecnologia, Industrial Química, Química e Têxtil;
- Grupo V – Materiais, Materiais-Plástico, Metalúrgica e Física;
- Grupo VI – Produção, Produção Civil, P. de Materiais, P. Elétrica, P. Mecânica, P. Química e P. Têxtil;
- Grupo VII – Engenharia, Ambiental, Minas, Petróleo, Industrial Madeireira;
- Grupo VIII – Agrícola, Pesca e Florestal.

Como fazer uma prova que possa verificar os conhecimentos de profissionais que irão atuar em diferentes segmentos da economia? Como conciliar as áreas estabelecidas nas diretrizes curriculares, com as áreas profissionais e as atividades econômicas que são agrupadas de acordo a Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAES)? Outro problema que nós tivermos está relacionado com a configuração diferenciada dos currículos

das IES. Por exemplo, às vezes um curso da PUC/Rio ou da USP tem um ciclo básico. Como é que o aluno desse curso, que ainda não teve uma especialização, vai fazer prova de engenharia elétrica, mecânica ou civil? Não é nada trivial fazer o ENADE, atendendo os princípios estabelecidos nas diretrizes curriculares e organizado por área de conhecimento.

Os principais objetivos do ENADE são: (i) avaliar o desenvolvimento de competências acadêmicas dos estudantes; (ii) oportunizar maior amplitude quanto aos objetivos educacionais; (iii) articular-se aos demais instrumentos que compõem o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES), que englobam a avaliação da instituição de ensino, do curso e do estudante. Entre as concepções adotadas no ENADE temos a ênfase nas expectativas em relação ao perfil profissional que se deseja formar em cada curso e o foco de avaliação no desenvolvimento de competências acadêmicas, para além dos conteúdos programáticos.

Considerações finais

No contexto atual, temos alguns programas indutores que motivam, ou tentam motivar, a formação em engenharia. Já citei o caso do Prodenge/ Reenge. Também temos o Programa de Mobilização das Engenharias – Promove, realizado com o financiamento da FINEP. Apesar de estar em pleno processo de execução, a SESU/MEC, a CAPES e o CNPq precisam entrar mais fortemente neste programa. O Inova Engenharia é outro programa interessante, que disponibiliza laboratórios de ponta para interagir com as empresas. O programa promove a discussão, movimenta alunos de iniciação científica e focaliza a sua atuação nas melhores universidades.

Com relação aos novos modelos de cursos é interessante analisar o caso da Universidade Federal do ABC, com o novo Bacharelado em Ciência e Tecnologia. No entanto, não sei se isso vai dar certo em outro tipo de instituição. Para uma faculdade integrada ou para

uma faculdade isolada no interior, talvez essa não seja a melhor solução. O aluno não está preocupado apenas com o diploma. Eu sei que temos uma cultura bacharelesca no País, herdada da nossa colonização portuguesa. Mas o estudante, de certas regiões e de certas classes sociais, está mais preocupado com o emprego do que com o diploma. É claro que o aluno sempre pode fazer um curso de especialização ou de mestrado, mas existe uma diferença com relação à formação oferecida nos cursos tradicionais.

Uma das grandes preocupações da ABENGE está relacionada com o nível de conhecimento dos egressos do Ensino Médio que estamos recebendo nas nossas escolas de engenharia. Em alguns casos, o índice de reprovação nas disciplinas básicas (por exemplo, cálculo) chega a mais de 90%.

Outro desafio importante, que também é consenso na ABENGE, é a questão da formação dos professores. Como estamos formando o professor que vai atuar no ensino de física ou de materiais para a engenharia? Qual é o tipo de metodologia que esse professor adota e como ele encara a sua atuação profissional? Às vezes ocorre uma dicotomia entre a vontade de atuar apenas na pós-graduação e a necessidade de dar aula para a graduação. Em determinado momento, o governo federal teve que criar uma gratificação de estímulo à docência para incentivar os professores a atuarem mais com a graduação. Eu me lembro que alguns docentes diziam: “- Eu tenho que sair da pós-graduação e dar aula porque vão aumentar o meu salário”. Isso deveria ser algo inerente à atividade dos docentes e, no entanto, tiveram que criar um incentivo para que o professor voltasse os olhos para a graduação.

Repito, há uma grande preocupação com o profissional que está lecionando para os nossos alunos. Hoje nós temos um tipo de aluno diferente. Vou dar um exemplo pessoal. Meu enteado faz Economia na PUC/Rio e tem proficiência em inglês e em alemão. Um dia desses, encontrei-o estudando na *internet* e ouvindo música ao mesmo tempo. Então eu falei: “- Como

é que você consegue isso, o que você está fazendo?”. E ele respondeu: “- Ah, estou estudando lógica e cálculo”. Eu fiquei surpreso, pois não sei como esse novo ser está avançando na educação. Depois soube que passou muito bem na disciplina e fiquei muito feliz. O que eu quero dizer é que se trata de uma pessoa diferente e que nós, às vezes, não estamos preparados para educar esse novo tipo de indivíduo.

De que forma abordar uma disciplina como cálculo se não tivermos algo novo que prenda a atenção desse tipo de aluno (um sistema computacional, por exemplo). Ele não vai se interessar pela disciplina se o professor ficar no quadro negro explicando as fórmulas e fazendo aquelas contas. Também não adianta mais o professor de física ficar fazendo exercícios com molinhas. Ele tem que ter um simulador, ou alguma coisa lúdica, para estimular o aprendizado do aluno. O professor que vai lecionar para esses alunos deve ter esse espírito, ou essa paixão, para motivar os seus estudantes.

A ABENGE também está preocupada com o nosso modelo econômico e com o desenvolvimento de ciência e tecnologia no País. Temos alguns gargalos significativos para o desenvolvimento tecnológico, como os baixos salários e a oferta reduzida de emprego para pesquisadores, o que acaba gerando uma baixa motivação nos profissionais. Temos realizado muitas discussões em nossa entidade sobre este problema. Na maioria das vezes, o engenheiro vai para a empresa para ser um gerente de processo, e não para desenvolver tecnologia. De vinte alunos, talvez dois ou três consigam trabalhar com desenvolvimento de C&T. Nós não temos estatísticas confiáveis sobre esta questão, mas temos discutido muito esse assunto.

Outro ponto relevante, que nós gostaríamos de debater com o CNE, é a atuação do CONAES. Alguns dizem que devemos ter uma norma para fazer determinado tipo de currículo. Antes disso, no entanto, temos que conversar com quem avalia e saber como é que funciona esse modelo de avaliação. As universidades privadas também têm que conversar com o poder

regulador. O CONAES tem que dialogar com todos nós, que formamos os engenheiros, e também com o Conselho Profissional, que tem uma legislação específica que orienta o exercício profissional.

Temos debatido muito a questão da internacionalização do ensino. No entanto, a nossa entidade está mais preocupada com a mobilidade nacional dos alunos do que com a sua mobilidade internacional. O nosso aluno desconhece o Brasil. À vezes, temos um trabalho com mamona no Nordeste e outro com bioengenharia no Sul, e não estamos conversando e trocando experiências no País. Desse modo, a ABENGE está preocupada com a formação e com mobilidade dos estudantes no território nacional. Os estudantes devem conhecer o Brasil e as suas potencialidades.

O duplo diploma é uma proposta interessante para estimular a parceria e o intercâmbio de experiências entre as universidades. No entanto temos que discutir melhor essa proposta de formação em três anos. No caso europeu, o acordo de Bolonha, pelo visto, não impõe a realização dos cursos em apenas três anos. Em alguns países, como Portugal e Espanha, a duração média dos cursos de engenharia é de quatro anos. Em Portugal ainda há outro problema, pois eles têm dois tipos de curso de engenharia, com durações diferenciadas. Um curso com três anos de duração, do Instituto Superior Técnico, e outro com cinco anos, da universidade. Conciliar esses dois tipos de curso tem sido uma coisa difícil em Portugal.

São provocações. Eu agradeço a oportunidade oferecida pelo Conselheiro Paulo Barone e me coloco à disposição para responder a quaisquer questionamentos e reflexões do grupo que está aqui presente.

Muito obrigado!

Formação em Física

João Alziro Herz da Jornada⁶

Inicialmente, eu gostaria de agradecer ao Conselho Nacional de Educação pelo gentil convite para participar deste evento tão importante e oportuno, especialmente ao professor Paulo Barone.

Devo dizer para vocês que, nesta apresentação, eu vou falar rapidamente sobre a minha experiência como docente na física e também como uma pessoa que, no decorrer das suas atividades docentes e de pesquisa, teve muita interação com a indústria.

O INMETRO tem uma experiência muito rica de interação com o setor industrial e, de certa maneira, tem uma visão que se aproxima do olhar das empresas que utilizam a matéria-prima formada na universidade. É uma visão obviamente parcial, mas, por outro lado, talvez possa agregar algo interessante no debate sobre a formação superior no campo tecnológico.

Os atributos do físico em um ambiente de rápidas transformações tecnológicas

De certa maneira, o físico geralmente possui grande habilitação para tratar de questões tecnológicas num cenário de rápidas transformações, como no contexto contemporâneo. Isso acontece porque sua formação envolve uma cultura de aprendizado permanente.

Nos Estados Unidos, e nos países desenvolvidos em geral, a maioria dos físicos trabalha no setor empresarial, principalmente em empresas inovadoras. Eu me lembro que, há algum tempo atrás, cerca de 70 a 80% dos físicos americanos desenvolviam atividades no ambiente empresarial. No Brasil ocorre justamente o oposto, acho que temos apenas 10% dos

⁶ Diretor do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e membro da Academia Brasileira de Ciências (ABC).

nossos físicos trabalhando nas empresas. Recentemente, tivemos uma mudança e esse quadro tende a melhorar, justamente em decorrência da inserção de um maior número de físicos nas firmas industriais inovadoras.

Outros aspectos importantes do físico, como um ser adequado a um ambiente tecnológico em mutação, é o seu rigor, o foco em questões fundamentais e o seu profundo conhecimento científico. Além disso, ele também tem a capacidade modular sistemas e de criar modelos matemáticos que podem ser aplicados a uma realidade complexa. Enfim, o físico tem um grande número de atributos desejáveis para lidar com o cenário de alta tecnologia.

Os principais problemas da formação em física no Brasil

Um dos principais problemas do ensino de física no Brasil é a postura demasiadamente reducionista que prevalece na maior parte dos cursos de graduação. Isso também acontece em outras áreas do conhecimento, mas na física, em particular, existe uma cultura excessivamente reducionista. Geralmente, o ensino da física é muito focado em princípios básicos, deixando de lado as aplicações práticas e o conhecimento tecnológico.

Em que pese essa cultura reducionista, a física está avançando cada vez mais. Há 40 anos era tudo mais simples e não havia uma preocupação, por exemplo, com a física de sólidos, física de partículas, física de plasma, nanotecnologia etc. Hoje, ao contrário, temos que abranger todos esses conteúdos. Como não se consegue esmiuçar tudo isso na prática, a tendência é justamente focar nos princípios mais genéricos. Ao fazer isso, no entanto, temos um sério problema, que é supor que o aprendizado dos princípios básicos nos permite fazer o caminho inverso e explicar a natureza. Na realidade, isso dificilmente acontece.

A própria física contemporânea tem uma visão diferente. O físico americano Philip Warren Anderson, por exemplo, tem uma frase famosa que diz: “More is different”. Isso quer

dizer que, dependendo da escala e da complexidade, os fenômenos mudam de natureza. Não podemos entender os fenômenos complexos apenas como uma soma de fenômenos simples que vão se agregando e se multiplicando. Os fenômenos coletivos, os sistemas complexos (as redes neurais, por exemplo), resultam em coisas completamente novas e extremamente complexas.

Essa questão é muito importante e não está sendo bem trabalhada em nosso sistema de ensino. Vivemos, muitas vezes, uma situação de esquizofrenia, quer dizer, um corte, uma divisão no ensino de física. A física que é uma ciência destinada, essencialmente, a explicar o mundo e a realidade. No entanto, os nossos estudantes não conseguem aplicar os conhecimentos adquiridos na prática. Na cabeça deles, o mundo real e o mundo da física são coisas bem diferentes.

Eu tive experiências muito dramáticas como docente. Eu já dei vários cursos, tanto na graduação como na pós-graduação. Eu me lembro que, antes de me licenciar da universidade e ir para o INMETRO, eu me dediquei a uma série de cursos de física aplicada, nos quais procurava fazer essa conexão entre a teoria e a prática. Nesse período, me deparei com diversos problemas e vi que tinha que mudar a própria estrutura do curso para fazer uma conexão mais forte entre a realidade, a natureza e a visão modelística (e, digamos assim, reducionista) que nós costumávamos dar à física.

Vou dar um exemplo para vocês terem uma idéia do tipo de problema que enfrentamos. Se eu tenho um excelente aluno, que já fez eletromagnetismo e física geral, e pergunto para ele: “- A tomada tem dois pinos. Você põe o dedo num pino e leva choque e no outro pino não leva choque. Por que isso acontece?”. A resposta desse aluno, muitas vezes, é a seguinte: “- Professor, o que dá choque é o positivo e o outro é o negativo”. Daí eu pergunto: “- Mas, neste caso, não temos uma corrente alternada? A corrente está sempre alternando! Além disso, o que isso tem ver? Só porque é negativo não dá o choque?”. Então, nós vemos

que o sujeito não está entendendo nada e que existe uma grande dissociação entre a teoria e a prática. O estudante sabe todas as equações Maxwell, e também sabe resolver os problemas mais cabeludos, mas não consegue entender como funciona uma corrente elétrica.

Esse é um problema muito sério, pois não estamos cumprindo com o objetivo maior da física, que é explicar a natureza e o mundo. Na verdade, fica apenas um conjunto lógico, auto-suficiente e desconectado do outro conjunto, que é a realidade concreta. Na maior parte dos casos, os conhecimentos adquiridos pelos alunos tangenciam a realidade apenas por meio da intuição. É extremamente importante reverter esse quadro e fazer a conexão entre os conhecimentos teóricos e a realidade.

É interessante observar os reflexos dessa dissociação. Por exemplo, enquanto nos Estados Unidos aproximadamente 75% dos físicos são experimentais, no Brasil temos apenas 40% dos físicos nesta situação. Atualmente, é mais fácil ser físico teórico do que físico experimental no País. Isso acontece porque, além das deficiências de laboratórios etc., temos um sistema de fomento científico que privilegia as publicações. Dessa forma, se o sujeito é um físico experimental e surge um problema qualquer (de equipamento, alfândega etc.), ele acaba tendo a sua produtividade comprometida. Isso acarreta certo ônus em termos de acesso ao financiamento concedido pelas agências de fomento e, por isso, ele tende a migrar para a física teórica. Ao fazer isso, ele acaba contribuindo para a desconexão entre a física teórica e a experimental, e isso se reflete nas práticas de ensino e nas concepções adotadas pelos alunos.

Outro problema que eu gostaria de colocar para vocês é a falta de uma definição clara do papel da pesquisa, da física e do físico. Mesmo nos meios acadêmicos, nós ainda não temos uma visão muito clara do nosso papel na sociedade. Subjacente ao pensamento de muitos físicos, ainda prevalece o chamado modelo linear de conexão entre a pesquisa científica e o desenvolvimento industrial. Este modelo surgiu na segunda metade do Século XX, com um *paper* muito importante do Vannevar Bush, e serviu de base para a criação do *National Science*

Foundation, nos Estados Unidos. De certa forma, esse modelo também inspirou a criação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) no Brasil.

A idéia básica do modelo linear é que a pesquisa científica de alto nível se transforma, automaticamente, em conhecimento aplicado e, posteriormente, em novos produtos e processos. No entanto, sabemos que as coisas não funcionam assim e que existe uma inter-relação muito mais complexa entre os atores envolvidos no processo de inovação. Atualmente, o modelo linear de inovação tecnológica não tem mais credibilidade.

Por outro lado, temos uma questão fundamental, que é a seguinte: ao fazer um trabalho com o rigor necessário para se manter na fronteira do conhecimento, nós exigimos de nós mesmos, e de todos os pesquisadores, um nível de excelência muito grande. Esse nível de excelência é fundamental para a criação de um ambiente de excelência na universidade. O rigor e a disciplina intelectual desse processo são fundamentais, tanto para o pesquisador quanto para o aluno. Mais do que chegar a um resultado, o importante é que o próprio caminho traçado pela prática científica, que é extremamente educativo.

Recentemente, começamos a fazer um trabalho de reposicionamento do INMETRO, com o objetivo de transformar a instituição numa espécie de EMBRAPA da indústria. Para tanto, nós estamos absorvendo vários pesquisadores como, por exemplo, Ronald Cintra Shellard, que é físico experimental, e Carlos Alberto Aragão de Carvalho Filho, que desenvolve um trabalho mais teórico. Esses pesquisadores têm dado uma contribuição fundamental para o INMETRO. Por quê? Porque eles têm toda a disciplina associada com prática de fazer ciência, trabalhar com rigor e empregar métodos adequados. Muitas vezes, isso não fica muito claro, mas essa é uma questão fundamental que deve ser ressaltada.

Outra coisa importante é a criação de um ambiente propício ao empreendedorismo na universidade. Eu acredito que o período da ditadura militar causou um prejuízo muito grande, pois transformou a universidade brasileira numa instituição meramente contestadora. Esse

espírito contestador e, de certa forma, conservador, inibiu a transformação da universidade em uma instituição inovadora, com capacidade de mudar de forma articulada. Neste ambiente, o empreendedorismo ficou estigmatizado como uma coisa ruim, associada ao capitalismo e a uma falsa idéia de captura das instituições por interesses privados. Felizmente, isso está mudando e hoje existe uma mentalidade de estímulo ao empreendedorismo em muitas universidades.

Algumas sugestões para a melhoria da formação em física no Brasil

O Conselho Nacional de Educação, numa atitude extremamente louvável, está discutindo os problemas da Educação Superior no Brasil. Eu acho que este é um momento propício para tomarmos algumas atitudes concretas que visem à melhoria da formação em física no País. Neste sentido, eu gostaria de fazer algumas sugestões de como nós, talvez, possamos atacar esse problema. O principal desafio é promover uma mudança cultural que vise à superação do paradigma reducionista que impera no ensino de física. Este tipo de mudança envolve pessoas, novos paradigmas e, principalmente, a constituição de novos valores e modelos mentais.

O primeiro ponto que eu gostaria de ressaltar é a necessidade ampliação do número de laboratórios e de modernização dos laboratórios existentes em nossas instituições de ensino e pesquisa. Conheço relativamente bem à infra-estrutura de pesquisa existente nas universidades e posso dizer que a situação dos laboratórios não é, nem de longe, a desejável. Temos condições de promover uma ação de modernização e ampliação dos laboratórios e isso pode trazer resultados relevantes para o País.

Para valorizarmos esse tipo de ação temos que entender claramente o porquê do laboratório. Recentemente, vi uma demonstração muito interessante de um software

extremamente sofisticado, desenvolvido por um Prêmio Nobel de Física da Universidade da Califórnia para simular experimentos. Com esse *software*, nós podemos inserir diversas variáveis no computador (como molas, massa, fluídos etc.) e, com um realismo incrível, ele consegue fazer muitos experimentos.

Depois de brincar um pouco com esse *software*, eu digo: “- Esse negócio não vai ser bom para nós”. Sabe qual é o problema? Tudo funciona. Essa é uma questão importante, pois aprendemos muito quando um experimento não funciona. Talvez o experimento nos ensine mais quando dá errado, pois isso gera uma série de perguntas: “-Por que essa mola não está vibrando do jeito que havíamos previsto? O que aconteceu?”. Além disso, com procedimentos dessa natureza nos adquirimos a disciplina mental de resistir à frustração.

Na maior parte dos casos, o laboratório é extremamente importante justamente pelas coisas que não dão certo. Quando isso acontece, nós temos que esmiuçar o problema e compreender porque a natureza teima em não andar de acordo com a teoria. Diante da frustração, nós ficamos com uma postura científica mais humilde e reconhecemos que a natureza é o grande balizador. A teoria é apenas uma descrição aproximada e, quando essa descrição não se aproxima corretamente da realidade, a teoria é que está errada, e não a natureza. Se a mola está emperrada, não é a natureza que errou, fui eu que errei ao projetar o sistema de forma equivocada, ou em não considerar determinada força de atrito etc.

A formação que a experiência de laboratório nos dá é fantástica. A adoção desenfreada de equipamentos de realidade virtual é uma ameaça, porque no computador as coisas funcionam bem demais. Talvez, no futuro, possam ser desenvolvidos *softwares* avançados que dêem problemas e não funcionem direito, pois nós aprendemos muito por meio dos erros. Os erros são mais importantes do que os acertos. Com o decorrer do tempo, nós aprendermos essa importante lição.

Uma proposta do INMETRO, e que pode servir para aumentar a conexão da formação superior com a realidade, é inserir nos cursos de graduação – obviamente em física, mas também em outros campos do conhecimento – um determinado quantum de disciplinas gerais, tecnológicas, que tenham como foco conhecimentos básicos de metrologia, normalização, princípios e técnicas de qualidade. Existem experiências similares em diversas partes do mundo e o INMETRO firmou um protocolo com o Ministério da Educação para a implementação do projeto.

A idéia é inserir uma disciplina específica de metrologia em diversos cursos, com carga horária variável, dependendo de cada caso. O ensino da metrologia, como ciência da medição, visa ao aprendizado do que significa incerteza, como efetuar uma medição e também o conhecimento de normas técnicas, princípios de qualidade, certificação, avaliação de conformidade etc. Isso é importante porque o mundo moderno funciona por meio desses conceitos.

Atualmente, qualquer produto vendido no mercado tem um selo atrás. Qual o significado desse selo? É uma garantia? Não necessariamente. O selo pode atestar, simplesmente, a adequação do produto a uma norma técnica, nacional ou internacional. O uso de um equipamento envolve uma série de incertezas e, para controlar essas incertezas, temos a metrologia, a normalização e a avaliação de conformidade. Por outro lado, medições adequadas também são extremamente importantes para a melhoria da produtividade e para a inovação tecnológica.

Vou citar um exemplo para vocês terem uma idéia do que eu estou falando. A tecnologia de GPS (Sistema de Posicionamento Global), que todos conhecem, é uma inovação extremamente importante que só existe porque desenvolvemos a capacidade de medir com um grau extremamente alto de precisão (10^{-13}) uma grandeza específica, que é o tempo. O GPS tem como referência relógios atômicos a bordo de vinte e oito satélites, todos eles

sincronizados. O receptor do GPS mede justamente a diferença de tempo entre um relógio e outro, faz as correções etc.

De uma forma geral, a inovação está muito ligada com melhoria da capacidade de medição e monitoramento, ou seja, com sistemas de qualidade. A consolidação de sistemas de qualidade nos diversos segmentos da economia é extremamente importante e o INMETRO vem fazendo um grande esforço nesse sentido. A instituição, inclusive, faz uma ponte entre universidades e empresas. O meu empenho e a minha paixão com o trabalho do INMETRO são motivados, justamente, por essa necessidade de fazer uma maior aproximação entre a universidade e o sistema produtivo.

A despeito de todas as vantagens do físico, que eu coloquei para vocês no início da apresentação, temos hoje no Brasil um decréscimo de interesse dos estudantes pela área. Em contrapartida, outras áreas novas e emergentes (inclusive a área de negócios, administração etc.) têm atraído um maior número de alunos. Vale dizer que este não é um fenômeno brasileiro, é um fenômeno internacional. No entanto, temos a consciência de que a sociedade precisa desses profissionais. Essa é uma preocupação que está presente, inclusive, nos países desenvolvidos.

Em contato com colegas ingleses, soube que eles estão fazendo uma coisa muito interessante. O Governo inglês está contratando cientistas proeminentes para irem às escolas secundárias conversar com os estudantes e fazer, digamos assim, todo um trabalho de motivação, não apenas para a física, mas para a ciência como um todo. Sem esse tipo de trabalho, os estudantes ficam susceptíveis apenas às imagens que vêem na mídia. Há algum tempo atrás, a mídia era relativamente favorável à física, pois diversas inovações (bomba atômica, transistores, laser etc.) eram associadas diretamente à física. Hoje em dia, essas coisas não são mais novidade e, por isso, temos que desenvolver iniciativas como essa para a valorização da ciência.

No Brasil, nós temos algumas iniciativas de divulgação e popularização da ciência. No entanto, eu acredito que devemos ter ações mais amplas e ousadas, como forma de despertar o interesse dos alunos para o universo da ciência e da tecnologia.

Considerações finais

Eu gostaria de dizer para vocês que, nesta apresentação, eu trouxe apenas algumas observações limitadas e incompletas, mas que, dentro do espírito de reflexão que caracteriza este evento, acredito que podem ser interessantes para aprofundarmos a discussão sobre o tema da formação em física.

Como eu disse anteriormente, no INMETRO, nós estamos engajados em atacar esses problemas. Temos diversas ações que envolvem não apenas o trabalho de introdução de conteúdos de metrologia, normalização e qualidade industrial nos cursos universitários, mas também com a implantação dos cursos de pós-graduação do INMETRO, em parceria com as universidades, e também por meio da absorção de um grande número de cientistas altamente qualificados na instituição.

Temos uma diretoria científica, liderada pelo professor Humberto Brand. Recentemente, criamos uma diretoria de tecnologia e inovação, que visa aumentar o contato do INMETRO com o setor produtivo. O diretor é o professor Jorge Humberto Nicola, da UNICAMP, que também é físico. Enfim, temos vários outros colegas da área acadêmica, não apenas da física, que estão ingressando agora na instituição e se unindo à equipe. Nós estamos fazendo um concurso público para 170 pesquisadores e tecnologistas em metrologia e qualidade, para o qual já se inscreveram cerca de quinze mil pessoas. Em breve, vamos fazer o concurso para pesquisador sênior.

Tudo isso está inserido em um grande projeto de Governo (e o Presidente Lula especialmente, está nos apoiando muito) com o objetivo de transformar o INMETRO numa espécie de agência que facilite a interação da academia com a indústria. Aqueles que tiverem interesse podem acessar o sítio eletrônico do INMETRO para conhecerem melhor as diversas ações em andamento. Nós também estamos à disposição, e ficaríamos muito honrados, em receber visitas na nossa sede no Rio de Janeiro.

Foi um grande prazer participar desse evento tão relevante para o País. Muito obrigado!

Formação em Computação

Carlos André Guimarães Ferraz⁷

Inicialmente, gostaria de agradecer ao convite e parabenizar a iniciativa do Conselho Nacional de Educação (CNE), especialmente do Conselheiro Paulo Barone, de colocar em debate e trazer para a discussão o tema da formação de recursos humanos em computação.

A questão central que orienta a minha apresentação é a de como atingir o ideal de formar uma grande quantidade de profissionais nas áreas da computação com a qualidade necessária para que o país possa acompanhar o rápido processo de desenvolvimento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) em nível mundial.

No decorrer do simpósio, vimos que várias apresentações destacaram o problema da falta de profissionais qualificados para suprir as demandas de desenvolvimento tecnológico do País. Esse não é um problema apenas do Brasil, é um problema mundial. Temos carência de pessoal qualificado em diversas áreas. Particularmente, gostaria de mostrar alguns números e discutir com vocês como estamos vivenciando este problema na computação.

Cursos de graduação na área de computação e perfis de atuação profissional

Em nosso sistema educacional, genericamente, temos os seguintes perfis de graduação: 1) ciência da computação; 2) engenharia da computação; 3) sistemas de informação; 4) licenciatura em computação. Os três primeiros constituem perfis mais técnicos e o quarto está voltado para a formação de professores. Os cursos de ciência da computação e engenharia da computação são mais fortes. Mas, por outro lado, o curso de sistemas de informação vem ganhando cada vez mais relevância.

⁷ PhD em Ciência da Computação pela Universidade de Kent, na Inglaterra. Professor do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Diretor do Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (CESAR).

Temos diversos tipos de profissionais atuando no mercado de trabalho, incluindo: (i) o cientista e pesquisador, envolvido diretamente com a inovação e com a resolução de problemas complexos; (ii) o engenheiro de computação, que projeta dispositivos computacionais; (iii) o engenheiro de *software*, que projeta *software* de sistemas (básicos) ou de pacotes; (iv) o analista de sistemas, mais relacionado aos negócios e as aplicações (do cliente); (v) o programador.

Essas são as profissões mais clássicas e tradicionais no campo da computação. Como esse campo de atuação entrou na moda, também estão surgindo outras denominações como, por exemplo, engenheiro de *software*, arquiteto de *software* etc. De certa maneira, poderíamos ver essas profissões como uma espécie de pirâmide. É claro que no mundo da computação é exigido um número muito maior de programadores, que estão na base da pirâmide. Mas, em decorrência dos processos de inovação, também temos uma demanda crescente pelos outros tipos de profissionais, inclusive por cientistas e pesquisadores.

Principais problemas do setor no Brasil e no mundo

Os principais problemas que temos, no Brasil e no mundo, são o déficit de profissionais na área e a baixa qualidade da formação. É interessante observar que, apesar de sempre ouvirmos falar da crescente hegemonia da Índia na produção de *softwares*, este país tem um déficit anual de cerca de 40 mil profissionais de computação. Em decorrência da busca por redução dos custos de produção, os países desenvolvidos estão transferindo as suas operações de desenvolvimento de *software* para a Índia, para a China e para outros países. Argumenta-se que, especialmente no caso indiano, os profissionais são bem formados e, ao mesmo tempo, recebem uma remuneração inferior à remuneração média dos profissionais dos países de origem das empresas.

Eu estive na Índia este ano e pude constatar que, ao contrário do que é amplamente divulgado, não existe um grande excedente de profissionais de computação neste país. Na verdade, as empresas estrangeiras estão tendo dificuldade para encontrar esses profissionais, pois, como eu falei anteriormente, existe um déficit anual de cerca de 40 mil pessoas para atender à própria demanda interna do país. É claro, para a Índia, esse é um problema relativamente pequeno, pois, anualmente, eles formam um grande número de profissionais de computação.

No Brasil, temos atualmente um déficit anual de mais de 17 mil pessoas, principalmente no mercado de produção *software*. Vale ressaltar que isso está associado a um problema ainda mais grave, que é o baixo nível de qualidade da formação oferecida em nossas instituições de ensino. Este problema também ocorre em outros países, mas, no caso brasileiro, ele é muito crítico. Temos hoje mais de mil cursos de computação, que formam cerca de 20 mil profissionais por ano. Alguém poderia dizer: “- Se estamos formando 20 mil profissionais, então teríamos condições de atender a nossa demanda interna”.

A questão é que o número citado representa apenas o nosso déficit. Ou seja, mesmo com a oferta anual de 20 mil egressos dos cursos de computação, o mercado ainda precisa de 17 mil profissionais qualificados. A principal razão para a existência desse déficit é, portanto, a baixa qualidade da formação. As pessoas não estão saindo bem formadas das instituições de ensino e, por isso, elas acabam não sendo contratadas. Ou seja, existem vagas no mercado de trabalho, mas essas vagas não são preenchidas porque as pessoas são mal qualificadas.

Vou citar um exemplo que ocorre conosco no Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife (CESAR). O CESAR também opera como uma fábrica de *software* e, quando temos que contratar profissionais para determinados projetos, de cada 100 currículos que nós avaliamos, nós contratamos apenas treze pessoas. Acho que isso representa claramente o problema da baixa qualidade da formação.

De acordo com estimativas recentes do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), o déficit de profissionais de computação no País será, em 2009, de 66 mil pessoas e, em 2012, de cerca de 230 mil pessoas. Sabemos que a informática é uma das áreas prioritárias da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE). Uma das metas dessa política é que o Brasil passe a ocupar cerca de 2% do mercado mundial de informática até 2012. Se realmente atingirmos essa meta, vamos precisar formar mais 230 mil profissionais por ano. Podemos constatar que este é um problema bastante preocupante, pois hoje nós só conseguimos formar 20 mil pessoas por ano. Ainda mais grave é o fato de que, deste quantitativo, apenas uma pequena parte tem uma formação com a qualidade exigida pelo mercado de trabalho.

O dinamismo das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e a sofisticação do mercado de informática

Sabemos que a computação é uma área nova e bem mais dinâmica do que muitas outras áreas. O rápido desenvolvimento tecnológico que ocorre no campo da computação implica na necessidade de uma revisão constante dos currículos. Na verdade, nós podemos entender essa necessidade mais como a definição de currículos suficientemente flexíveis. Sabemos que, na prática, não teríamos condições de promover uma revisão anual dos currículos formais dos cursos de computação, ou mesmo a cada dois anos. Portanto, o que precisamos, realmente, é de currículos mais flexíveis, que nos permitam acompanhar o forte dinamismo tecnológico que caracteriza essa área. A necessidade de termos currículos mais flexíveis também está relacionada com a questão da sofisticação do mercado.

Vou dar um exemplo pessoal, da época em que concluí a minha graduação no Recife, mas que pode ser estendido para todo o País. Quando me formei, as possibilidades de trabalho se limitavam às empresas governamentais, aos bancos e a algumas poucas empresas privadas. Aqueles que iam para o governo trabalhavam, basicamente, com o desenvolvimento

de sistemas de gestão. Por outro lado, quem ia para os bancos trabalhava com o desenvolvimento de sistemas financeiros. Finalmente, a pessoa que ia trabalhar em uma empresa privada, geralmente do setor de telecomunicações ou de energia, também desenvolvia sistemas relativos a essas áreas. Em nível nacional, esses mercados eram pequenos, restritos e localizados.

Hoje, ao contrário, o mercado é altamente sofisticado e o País já reúne as condições necessárias para exportar seus produtos e serviços de informática. Isso é quase um mito, e não sei até que ponto é mesmo verdade, mas dizem que os brasileiros são muito criativos, e, como sabemos, essa habilidade é extremamente relevante na computação. Às vezes, se diz que a computação é mais arte do que ciência e, por isso, ela exige muita criatividade. Talvez em função da nossa criatividade, temos desenvolvido sistemas muito interessantes e o País vem ganhando algum espaço no campo das exportações.

A nossa capacidade de exportação é limitada menos pela qualidade do trabalho de nossos especialistas do que por dificuldades inerentes às próprias empresas. Às vezes, as empresas têm dificuldades, até mesmo gerenciais, para ampliar sua capacidade de exportação. No entanto, na maioria dos casos, também lhes falta tecnologia de negócios. Nós ainda não temos no Brasil uma tecnologia de exportação de negócios para a área de computação e *software*. Mas, de qualquer forma, o fato é que hoje nós exportamos, e as estimativas dizem que nós vamos exportar cada vez mais.

O mercado se sofisticou porque temos que desenvolver sistemas que são cada vez mais globais, e não apenas localizados, como no passado. A globalização, por outro lado, também trouxe a questão das parcerias com as empresas multinacionais. As multinacionais também acreditam (ou dizem acreditar) que os brasileiros são bons no desenvolvimento de sistemas e, por isso, elas fazem cada vez mais parcerias com empresas brasileiras. Algumas vezes, esse tipo de argumento também é utilizado pelas multinacionais para justificar a presença de

unidades de produção no Brasil. Mas, infelizmente, a realidade é que a maior parte das empresas mantém no nosso país apenas suas unidades de vendas.

De certa forma, o próprio consumidor (ou cliente) também se sofisticou e está muito mais exigente. Isso ocorreu, em parte, em decorrência da abertura do mercado e da conseqüente ampliação do acesso das pessoas (e também das empresas) a *softwares* altamente sofisticados, desenvolvidos externamente. Por isso, os consumidores também ampliaram seu nível de exigência em relação aos produtos desenvolvidos no Brasil.

Essa sofisticação do mercado exige uma maior qualificação e capacitação dos profissionais que atuam no campo da computação. Apesar de existirem profissionais relativamente bem qualificados no País, não temos uma quantidade suficiente desses profissionais para atender à elevação e à sofisticação da demanda de mercado. Por isso, o Brasil deve investir mais na formação de profissionais altamente qualificados e em quantidade suficiente para atender essa demanda.

A formação em computação: o quadro brasileiro

O quadro brasileiro é conhecido e, como já foi tão comentado aqui no simpósio, é muito parecido em quase todas as áreas tecnológicas. Temos, de um lado, as universidades públicas (e algumas poucas universidade privadas, a exemplo das PUCs), que formam muito bem os alunos, principalmente porque têm bons professores. Essas universidades, por serem públicas e de melhor qualidade, também acabam selecionando os melhores alunos. Nas universidades, os professores também são pesquisadores e estão ligados ao “estado da arte”. Como eu falei anteriormente, na computação isso é fundamental, porque essa área é extremamente dinâmica. Geralmente, os professores conseguem passar as novidades para os alunos e isso é uma coisa muito boa para a formação deles. Mas as universidades são muito

poucas e constituem, atualmente, menos de 30% das instituições de ensino superior brasileiras.

Por outro lado, mais de 70% das instituições de ensino superior são universidades, centros universitários e faculdades privadas que, em média, formam mal os alunos. É claro que não podemos generalizar e que existem instituições que oferecem ensino de qualidade, mas, infelizmente, isso é mais a exceção do que a regra. Tal como ocorreu com o direito, tem havido uma grande proliferação de cursos de computação. Isso acontece porque os poucos alunos que se interessam pelo campo tecnológico tendem a buscar esse tipo de curso, até porque essa é uma área nova, dinâmica etc. Dessa forma, a demanda existente na sociedade estimulou o surgimento de uma grande quantidade de cursos privados, cuja maior parte, infelizmente, é de péssima qualidade.

A pequena quantidade de bons professores nas instituições privadas de ensino superior também faz com que os alunos fiquem desmotivados. Além disso, muitos cursos são caros e os alunos têm que trabalhar para poder custear os seus estudos. Geralmente, os alunos dessas instituições são, justamente, aqueles da classe média baixa e dos estratos menos favorecidos da sociedade. O cansaço resultante da rotina de trabalho, as dificuldades financeiras e a má qualidade do ensino contribuem para a desmotivação dos alunos que, muitas vezes, não chegam a concluir o curso.

É claro que não existe uma solução simples para esses problemas. A solução não passa, simplesmente, pela elevação do número de universidades públicas. Por outro lado, também não adianta apenas fomentar (ou fiscalizar) a qualidade do ensino nas instituições privadas. As soluções devem envolver ambos os caminhos e, ao mesmo tempo, devemos procurar outros caminhos, diferentes e inovadores.

O caso do Recife: a experiência do CESAR

Gostaria de falar um pouco sobre a experiência do CESAR, que serve de modelo para outras iniciativas semelhantes no País. Temos hoje no Brasil vários exemplos de pólos de desenvolvimento de *software* e, por outro lado, também existe formação em praticamente todas as regiões do País. Eu falo muito de *software* porque, de certa forma, adotou-se uma decisão estratégica de apostar mais no *software* do que no *hardware*.

No Recife, nos últimos anos, também houve uma grande proliferação de cursos de informática. Atualmente, nós temos 24 cursos de graduação apenas na região metropolitana. No âmbito da pós-graduação, existe um curso de doutorado, dois cursos de mestrado acadêmico e dois cursos de mestrado profissional. A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) tem um programa de pós-graduação já antigo e consolidado (do qual eu participo), que oferece tanto o curso de mestrado acadêmico como o de doutorado. Mais recentemente, a Universidade de Pernambuco (UPE) abriu o curso de mestrado em Engenharia de Computação. Além disso, existem dois novos cursos de mestrado profissional, um na UFPE e outro no CESAR.

O curso de mestrado profissional do CESAR possui duas características interessantes que podem ser inseridas no nosso debate. Afinal, de certa maneira, nós estamos discutindo novas propostas para melhorar e ampliar a formação nas áreas tecnológicas. Em primeiro lugar, o curso está estruturado em módulos. Se o estudante faz todos os módulos, e produz uma boa dissertação, então ele ganha o título de mestre. Por outro lado, a modularização também serve para a educação continuada. Ou seja, a pessoa pode entrar no curso para fazer apenas alguns módulos específicos e, com isso, se atualizar profissionalmente.

Como o curso começou apenas em agosto desse ano, nós ainda não podemos falar da nossa experiência prática. De qualquer forma, acho que vale a pena debater novas possibilidades de educação continuada. A idéia é que, a partir de um cardápio de módulos ou

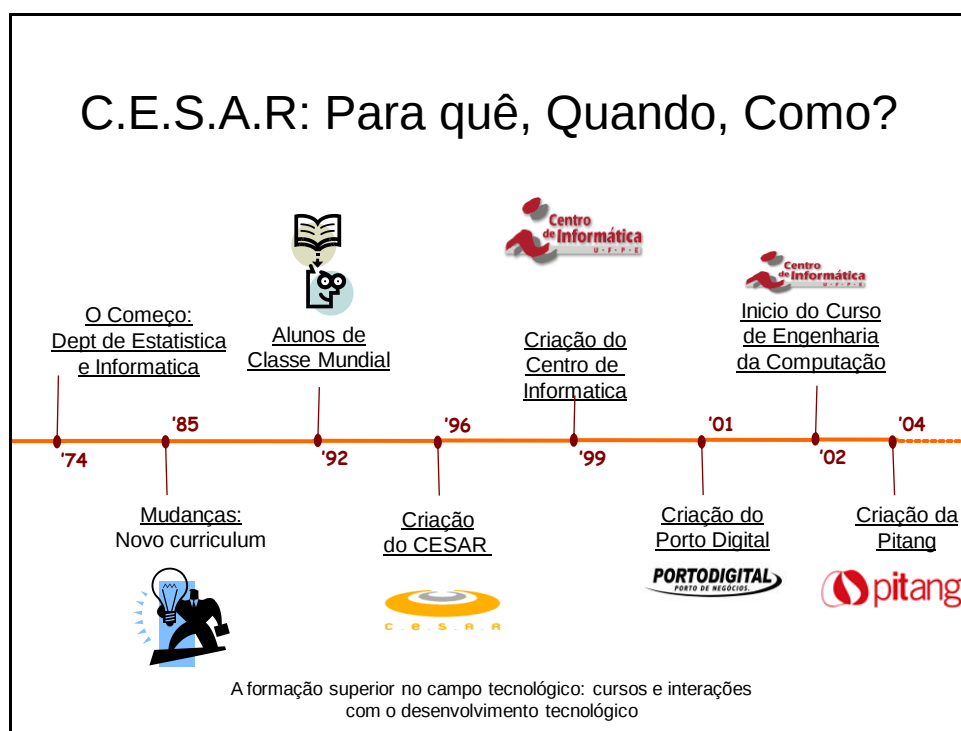
disciplinas, as pessoas possam escolher livremente apenas os módulos que desejem fazer. Se o estudante não quiser concluir os demais módulos, e escrever uma dissertação, então ele não obtém o título de mestre. Neste caso, ele obteve, pelo menos, uma qualificação específica sobre um determinado aspecto que ele gostaria de fortalecer.

Outra característica interessante do curso é a possibilidade de imersão dos alunos diretamente num ambiente de produção. Como eu disse, o CESAR é, ao mesmo tempo, uma escola, um centro de pesquisas e uma fábrica de *software*. A proposta do nosso mestrado é que o aluno não fique apenas no ambiente acadêmico, mas que ele faça uma imersão na produção. Com isso, além de uma sólida formação acadêmica, os egressos sairão muito mais preparados para enfrentar as exigências do mercado de trabalho.

Anualmente, devemos ter cerca de 500 egressos dos cursos de computação existentes no Recife, incluindo graduados e pós-graduados. Vale ressaltar que a UFPE e a UPE também oferecem cursos em Caruaru, no interior do Estado. Além disso, existem cursos de informática na Paraíba (João Pessoa e Campina Grande), em Alagoas, no Sergipe e no Rio Grande do Norte. Isso sem falar dos cursos ofertados no Ceará e na Bahia, que estão relativamente próximos, e nos estados da região Norte. Dessa forma, além das 500 pessoas formadas na região metropolitana de Recife, temos, certamente, um número ainda maior de egressos dos cursos das regiões Norte e Nordeste.

Atualmente, o Porto Digital do Recife possui cerca de 110 empresas do setor de informática e, quase sempre, estas empresas demandam novos profissionais. Geralmente, além do pessoal de Pernambuco, as empresas contratam profissionais de Campina Grande, João Pessoa, Ceará, Bahia, Alagoas, Pará e Amazonas. Em menor número, são contratados profissionais das regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste, e também alguns estrangeiros. Mesmo com esta oferta de mão-de-obra, nós temos no Porto Digital um déficit anual de mais de 700

pessoas qualificadas. Isso corrobora a hipótese de que o País forma uma quantidade razoável de profissionais, mas, porém, com pouca qualidade.



Quero apresentar para vocês uma síntese da história do CESAR, o porquê da sua criação, o seu nascimento, e um pouco da sua experiência. O CESAR foi criado, em 1996, como um instituto privado sem fins lucrativos. Em 2007, completamos onze anos de existência e, desde o início, o instituto tem como missão promover a transferência de conhecimento entre universidade e sociedade.

O CESAR foi criado por um grupo de professores do Departamento de Estatística e Informática da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com o objetivo de exercer essa interface entre sociedade e universidade. Quando eu me refiro à sociedade, estou falando do setor empresarial, que sempre enxergou a universidade de uma forma um pouco preconceituosa. Geralmente, os empresários pensam que na universidade só existe um bando

de cientistas alienados do ambiente produtivo, presos em seus laboratórios e preocupados apenas com a ciência básica. Desse modo, a principal motivação para a criação do CESAR foi fazer uma aproximação com o setor empresarial, alcançar uma maior visibilidade para o trabalho desenvolvido na universidade e, ao mesmo tempo, mostrar para o mercado que não somos “um bando de cientistas malucos que não entendem nada do mundo real”.

Para entender os motivos que levaram à criação do CESAR, devemos retroceder um pouco na história. O Departamento de Informática da UFPE foi criado, em 1974, com o objetivo de formar especialistas altamente qualificados. Vale ressaltar que, desde o início, o departamento já oferecia o curso de mestrado. Pode-se dizer que este objetivo foi alcançado e, em pouco tempo, o curso de computação passou a formar excelentes profissionais. No entanto, até a década de 1990, o mercado local de trabalho era muito pouco sofisticado e a maioria dos egressos tinha que migrar para outros estados em busca de melhores oportunidades de emprego. Então, em 1996, ocorreu um fato que foi a gota d'água para a criação do CESAR: todos os egressos do curso de computação foram embora de Recife.

Os egressos do curso não estavam interessados nos empregos existentes no Recife porque, como eu falei anteriormente, naquela época o mercado local era pouco sofisticado. De certa forma, o curso da UFPE formava alunos de classe mundial, que saíam do curso com o domínio de conhecimentos e tecnologias que não eram ensinados em outros locais do Brasil. Vale lembrar que, em 1995, temos o início da *internet* comercial em nosso País. Com isso, surge uma demanda por profissionais especializados, principalmente por parte dos bancos mais fortes, que estavam muito à frente na área de informática e decidiram disponibilizar os seus serviços na *internet*.

Naquela época, o desenvolvimento de serviços de qualidade na *internet* sempre passava pela linguagem de programação Java. Um banco de São Paulo, o Unibanco, decidiu contratar profissionais que dominassem esta linguagem e descobriu que na capital paulista

não existiam especialistas com esse perfil. Então, o banco passou a procurar esses profissionais em outros lugares e acabou descobrindo que os alunos da UFPE dominavam a linguagem Java. Assim, o pessoal do banco foi para Recife e contratou 75% da turma que se formou em 1996. Alguém do Unibanco informou este fato para outra empresa de São Paulo e essa empresa foi lá e contratou os outros 25% dos alunos. Desse modo, todos egressos do curso de computação foram embora para São Paulo.

Nesse caso, ocorreu um exemplo clássico da chamada evasão de cérebros, só que no contexto interno do País. De certa forma, nós sabíamos que não estávamos formando para o mercado local, mas também não precisava tanto. Isso acabou estimulando a idéia de criação do CESAR, que funcionaria como uma empresa, com o objetivo oferecer uma oportunidade de trabalho para os nossos alunos e dinamizar o mercado de informática do Recife. O CESAR, dessa forma, foi criado para contratar os profissionais que estavam sendo formados na universidade e para desenvolver projetos interessantes. A coisa ganhou força e, em 1997, iniciamos uma parceria com a Motorola, que dura até hoje. Atualmente, a Motorola investe cerca de R\$ 30 milhões em diversos projetos, em parceria com o CESAR e com o centro de informática.

O Programa de Residência em Software

Com o tempo, o mercado de informática do Recife foi mudando, principalmente com a instalação do Porto Digital e com a chegada de empresas mais sofisticadas. Então, nós passamos a ter outro tipo de problema que, de certa forma, era até interessante. Nós estávamos formando um número razoável de pessoas bem qualificadas, mas o mercado local passou a demandar uma quantidade de profissionais maior do que a nossa capacidade de formação. Estimulado por este desafio, o meu colega Augusto Sampaio teve a idéia de criarmos um programa de residência em *software*.

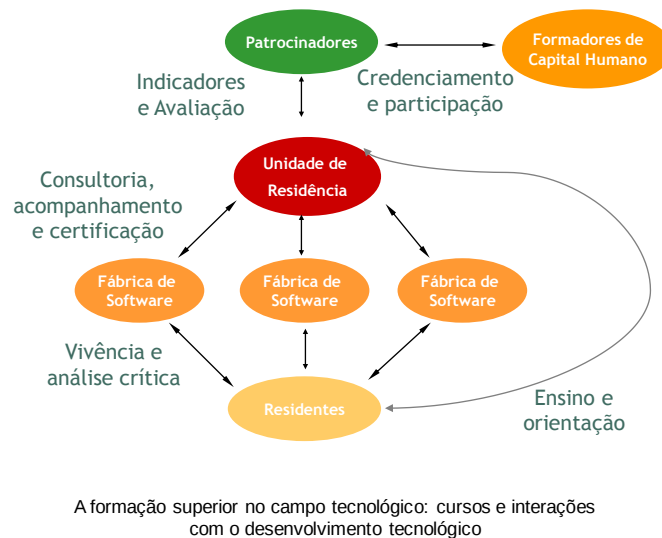
O modelo proposto é inspirado na residência médica. Sabemos que aluno do curso de medicina, para ser considerado um médico, tem que passar antes pela residência. Ele obtém a sua formação formal na universidade e, depois, vai para um hospital para ter uma experiência prática. Se não me engano, o período da residência dura aproximadamente dois anos. A nossa idéia foi estender essa metodologia para o curso de computação. Ou seja, criamos um programa de residência em *software* para os alunos dos últimos períodos do curso da graduação, ou para aqueles que já tenham concluído o curso.

O principal objetivo do Programa é promover a formação acelerada de profissionais para suprir escassez e a demanda de recursos humanos qualificados em várias áreas das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). Além disso, pretende-se alcançar a redução do tempo de internalização produtiva do capital humano, a redução do custo de formação de pessoal e a integração contínua e balanceada entre teoria e prática.

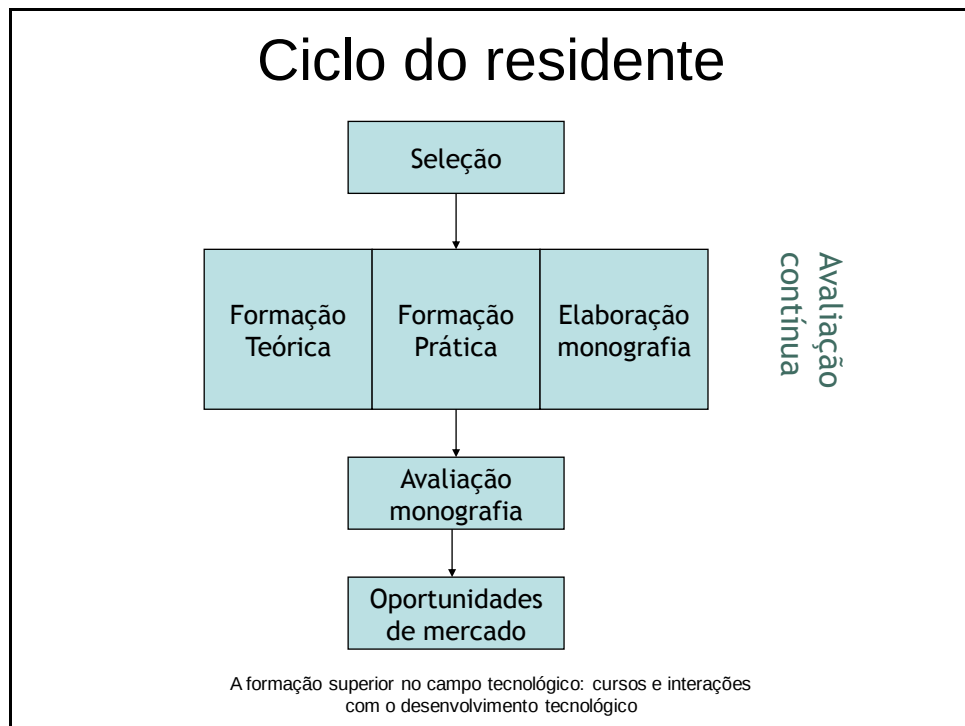
Geralmente, quando uma empresa contrata um profissional que não tem a qualificação esperada para o desempenho de suas funções, a própria empresa promove um treinamento extra para colocar esse profissional em condições de produção. A residência preenche justamente esta lacuna na formação dos alunos e funciona como uma espécie de imersão no ambiente de produção. A formação no período de residência é feita sob demanda, em função daquilo que a empresa precisa. Dessa forma, a residência contribui para acelerar a formação dos profissionais e também para a redução dos custos operacionais com treinamento de mão-de-obra.

Os principais atores nessa experiência são as empresas, a academia, os próprios residentes e, em alguns casos, o governo. Os residentes podem ser formandos, recém-formados ou até mesmo profissionais que já atuam no mercado.

Programa de Residência em Software (modelo conceitual)



A figura acima representa o modelo conceitual do programa. No canto superior direito temos formadores, que dão credibilidade à experiência. A participação dos formadores serve para mostrar que se trata de uma experiência válida, como se você estivesse certificando que as atividades do programa são realizadas em consonância com os princípios da boa formação. Há também os patrocinadores, que são responsáveis pelo financiamento das atividades. Hipoteticamente, o governo poderia entrar como patrocinador. No entanto, na prática, são as próprias empresas que patrocinam o programa. Isso é interessante, pois significa uma maior participação do investimento privado em atividades formativas e, ao mesmo tempo, uma economia de recursos públicos. Finalmente, temos as chamadas unidades de residência, onde os alunos recebem aulas teóricas, e as fábricas de *software*, onde eles exercem suas atividades práticas.



A primeira fase do ciclo de formação do residente é um rigoroso processo de seleção. Por diversas razões, existe uma grande quantidade de pessoas interessadas em ingressar no programa. Primeiro, porque o aluno sabe que vai estar muito próximo das empresas e, com isso, ele vai aprender o que de fato interessa ao mercado. Em segundo lugar, porque a proximidade com as empresas aumenta a probabilidade de inserção profissional. Finalmente, porque os alunos recebem para estudar. Aqueles que passam pelo processo seletivo entram para o curso ou programa de residência. O programa engloba, paralelamente, formação teórica, prática profissional e a elaboração de uma monografia. No decorrer da residência, os alunos passam por uma avaliação contínua e, no final, também têm a sua monografia avaliada. Aqueles que são aprovados, provavelmente, conquistam melhores oportunidades de mercado.

Como exemplos de possíveis perfis de conclusão, podemos citar o caso em que a residência está relacionada com a engenharia de *software*, que é uma das áreas mais demandadas pelo mercado. O aluno, então, tem uma formação geral em engenharia de

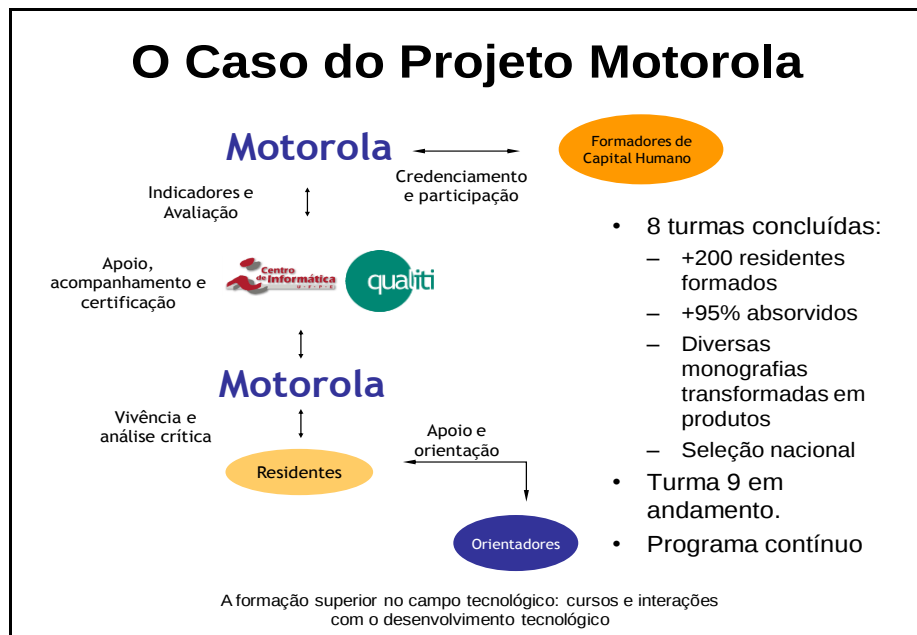
software e, durante a residência, obtêm uma especialização em alguma das seguintes áreas: testes de *software*; desenvolvimento *web*; conversão de plataformas; arquitetura de *software*; qualidade; ou em outros aspectos da engenharia de *software*.

A formação prática, como eu disse, envolve a imersão do residente em processos de desenvolvimento e qualidade dentro de uma fábrica de *software*. Vale ressaltar que não é um laboratório científico, é uma fábrica real. O residente fica sempre sob a supervisão de um líder de equipe, que não é uma pessoa que simula esse papel, é o próprio líder de equipe de uma empresa de *software*. Nós usamos o termo fábrica de *software* para associar a idéia da residência com a formação de um engenheiro de *software*. As atividades são muito bem definidas e isso facilita a avaliação do residente. A produtividade dele vai depender do nível de organização da fábrica e também da supervisão do líder.

Nós já realizamos parcerias com quatro empresas. No entanto, o caso mais consolidado é o Projeto Motorola, que já formou oito turmas. Atualmente, estamos no período final da nona turma e realizando as discussões sobre o início da décima turma. Cada curso de residência dura um ano e formamos, em média, duas turmas por ano. Desse modo, já temos uma experiência de quase cinco anos de trabalho conjunto com a Motorola.

A figura abaixo representa a forma de organização do projeto, em consonância com o modelo conceitual apresentado anteriormente. Neste caso, a Motorola exerce a função de patrocinador. O Centro de Informática realiza o acompanhamento e a Qualliti, que é uma empresa do Porto Digital, funciona como ambiente de residência. A vivência propriamente dita é realizada no próprio ambiente da Motorola em Recife. A empresa desenvolve *software* para celulares e tem um prédio de cinco andares no Porto Digital, que conta com aproximadamente 450 funcionários. Em muitos casos, os residentes conseguem emprego no próprio ambiente de trabalho. Vale ressaltar que 95% dos egressos foram contratados pela Motorola. A maior parte

foi contratada para os projetos desenvolvidos pela empresa no Recife, e alguns para trabalhar na fábrica da Motorola no município de Jaguariúna, em São Paulo.



Os resultados mostram que esse modelo é bastante promissor. É um tipo de programa em que todos acabam sendo beneficiados. Os centros de formação porque recebem financiamento para isso. O setor produtivo porque, apesar de patrocinar a iniciativa, tem vantagens associadas à redução dos custos operacionais com treinamento de mão-de-obra e com a garantia de maior qualificação para seus profissionais, pois está desenvolvendo essa experiência junto com a universidade. Os residentes porque têm melhores oportunidades de emprego. Finalmente, as entidades governamentais também acabam sendo beneficiadas, participando ou não do programa. Se participarem, estão fazendo um investimento com alto grau de retorno social. Se não participarem, têm um retorno indireto associado à economia de recursos com formação e qualificação profissional, pois o investimento acaba sendo da iniciativa privada.

Esse programa obteve amplo reconhecimento, tanto internacional como nacional. A experiência foi apresentada no *Educational Track do ACM/ICSE'2005*, que é a principal conferência internacional de engenharia de *software*, e fez bastante sucesso. Além disso, em 2006, o programa ganhou o Prêmio “Dorgival Brandão Júnior” de Qualidade e Produtividade em *Software*, concedido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia.

Considerações finais

Caminhando para o encerramento desta apresentação, gostaria de ressaltar novamente que o déficit de profissionais qualificados é, de fato, um problema mundial. Como eu mostrei anteriormente, esse problema não ocorre apenas no Brasil. Na realidade, o mesmo problema ocorre, com diferentes graus de intensidade, na China, na Índia e em vários outros lugares.

Os Estados Unidos, por exemplo, tem recorrido à estratégia de contratar fora do país, em parte porque os custos são mais baixos e, por outro lado, porque existe uma carência de profissionais no País. Eles acabam repassando o primeiro nível de desenvolvimento, aquele que não é tão nobre, para outros lugares onde os custos são mais baixos. No entanto, existe um déficit de profissionais nos EUA para os níveis mais elevados de desenvolvimento.

Não existem soluções simples para esse problema. No caso brasileiro, como eu disse anteriormente, as soluções devem envolver diversas iniciativas do governo e da sociedade. De um lado, deve-se aumentar o número de universidades públicas, com o objetivo de formar um número cada vez maior de pessoas com qualidade. Por outro lado, devemos fomentar a qualidade nas instituições privadas que, atualmente, formam em quantidade, mas, infelizmente, não em qualidade. Também devemos incentivar e expandir experiências inovadoras e de sucesso, como, por exemplo, o programa de residência em *software*.

O programa de residência em *software* não é uma experiência puramente local. Ela é local porque foi desenvolvida no Recife e só funciona lá. Mas, por outro lado, ela foi incentivada por uma demanda do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). No início do funcionamento do Porto Digital, a Secretaria de Política de Informática do MCT (SEPIN/MCT) viu que aquela iniciativa estava se organizando de uma forma bastante interessante e apresentou uma demanda por novos projetos de formação na área de informática. Em atendimento a esta demanda, o Centro de Informática elaborou a proposta do programa de residência em *software* e o projeto foi aprovado. Eu disse anteriormente que os investimentos foram realizados, basicamente, pela iniciativa privada. E, de fato, foi isso que ocorreu. A demanda surgiu do MCT, mas, no entanto, não houve a necessidade de aporte de recursos governamentais.

A questão, no entanto, ganha outras dimensões quando falamos de grandes números que precisam ser resolvidos. A idéia do programa de residência é muito boa e promissora, pois nós conseguimos aumentar a qualidade da formação. Mas ainda temos que resolver a questão de quantidade. É promissor utilizar essa metodologia para aumentar também a quantidade de profissionais? Eu acredito que sim, desde que a escala do projeto seja ampliada e que sejam criadas diversas experiências semelhantes em todo o País.

Finalmente, nós não podemos nos esquecer de ampliar o investimento nos cursos técnicos de nível médio, principalmente na área da computação. A computação não é uma profissão regulamentada e, por isso, as pessoas de nível médio também podem exercer algumas atividades nessa área. Atualmente, o mercado também precisa de muitos profissionais de nível médio, especialmente de programadores. O programador não precisa ser uma pessoa de nível superior. Nós poderíamos muito bem trabalhar a questão da formação tecnológica também no nível médio. Dessa forma, nós teríamos condições para, realmente, aumentar ainda mais a quantidade de recursos humanos qualificados no País.

Formação em Novas Áreas

Jacobus Swart⁸

Gostaria de agradecer ao Conselho Nacional de Educação (CNE) pelo convite para participar deste simpósio, que trata de um tema muito relevante. Recebi a incumbência de falar sobre “formação em novas áreas”. Inicialmente, fiquei um pouco assustado com esse título, pois me pareceu um tanto nebuloso. Afinal, o que podemos entender por “novas áreas”? A partir de quando as áreas do conhecimento poderiam ser consideradas como “novas”? Como definição preliminar, considerei como “novas” as áreas do conhecimento tecnológico que se desenvolveram no passado recente e que podem ser vistas como portadoras de futuro.

Nessa linha de argumentação, vou falar inicialmente sobre algumas áreas que considero “novas” ou “inovadoras”. Neste sentido, farei uma breve retrospectiva do desenvolvimento da eletrônica, do surgimento da válvula à nanoeletrônica. Em seguida, falarei das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), dos sistemas Micro-Eleto-Mecânicos (MEMS), das tecnologias de meio ambiente e energia e, finalmente, das nanotecnologias. Depois de abordar essas tecnologias, vou tratar da questão da formação de recursos humanos nessas áreas e dar algumas sugestões. Em seguida, devo fazer uma rápida comparação entre a situação do Brasil, Rússia, Índia e China (países BRIC) e tecer alguns comentários sobre o Programa Circuito Integrado Brasil. Por último, apresentarei algumas conclusões para estimular o debate.

Da válvula à nanoeletrônica

Em primeiro lugar, gostaria de comentar o desenvolvimento da nanoeletrônica, partindo de sua origem, da época do surgimento da válvula eletrônica. Oficialmente, a

⁸ Diretor do Centro de Pesquisas Renato Archer (CenPRA), professor titular da Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação da Universidade Estadual de Campinas (FEEC/UNICAMP) e membro do Conselho Diretor do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

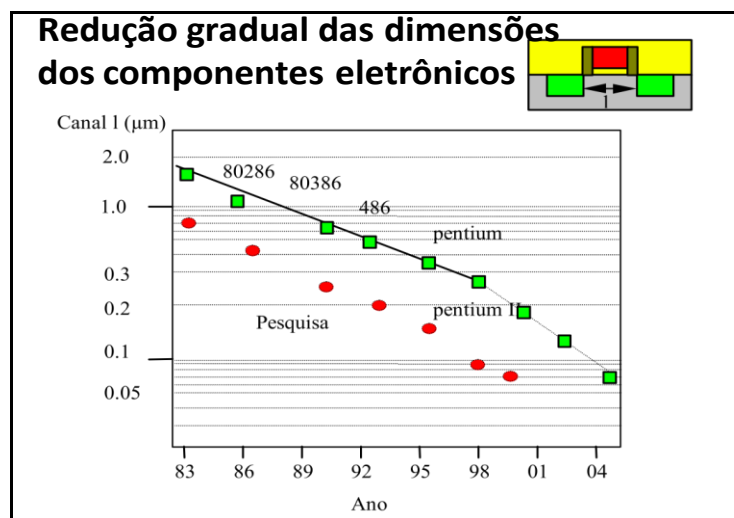
literatura da área nos diz que a válvula eletrônica foi apresentada por Lee de Forest, em 1906. No entanto, antes disso, o padre Roberto Landell de Moura já havia desenvolvido aqui no Brasil um transmissor de ondas e telégrafo sem fio, usando um tipo de válvula, que foi objeto de três patentes concedidas nos Estados Unidos, em 1904. A invenção da válvula foi o elemento que permitiu todo o desenvolvimento subsequente dos circuitos eletrônicos.

A válvula foi utilizada como base do ensino da Eletrônica até os anos 1970. A título de exemplo, durante o meu curso de graduação, ainda tive dois semestres de ensino de circuitos eletrônicos usando válvula. Este fato tem dois significados. Por um lado, ele indica que as nossas escolas são muito conservadoras, pois o semicondutor e o transistor já existiam há quase vinte anos. Mas, por outro lado, isso também significa que o transistor não eliminou a válvula de uma só vez. Houve um tempo de maturação até que o semicondutor evoluísse e pudesse ser considerado como uma área de fronteira do desenvolvimento tecnológico.

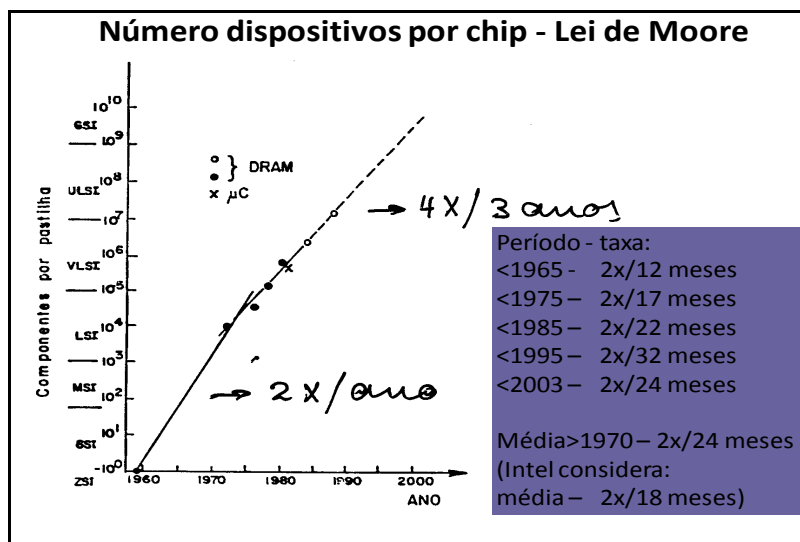
O primeiro transistor bipolar de contato foi descoberto por Bardeen e Brattain, da Bell Labs, em Dezembro de 1947. Ainda hoje as nossas escolas de engenharia ensinam essencialmente a tecnologia do transistor bipolar. Paradoxalmente, 90% dos circuitos integrados são feitos em tecnologia CMOS (*complementary metal-oxide-semiconductor*). Ou seja, o conservadorismo continua prevalecendo nas instituições de ensino brasileiras.

Já a idéia do circuito integrado foi proposta por J. Kilby, na Texas Instruments, em 1958, utilizando um processo bastante rudimentar. No mesmo ano, J. Hoerni, da Fairchild, desenvolveu o Processo Planar (do tipo *top down*) para fabricação de dispositivos e circuitos integrados. O processo *top down* é realizado da seguinte maneira: molda-se uma camada, depois se remove essa camada e faz-se uma litografia; então, por meio de um processo fotografação, desenham-se geometrias, removem-se materiais e a molda-se a estrutura. Essa idéia, de postar camadas e remover geometrias, serviu de base para toda a tecnologia de microeletrônica.

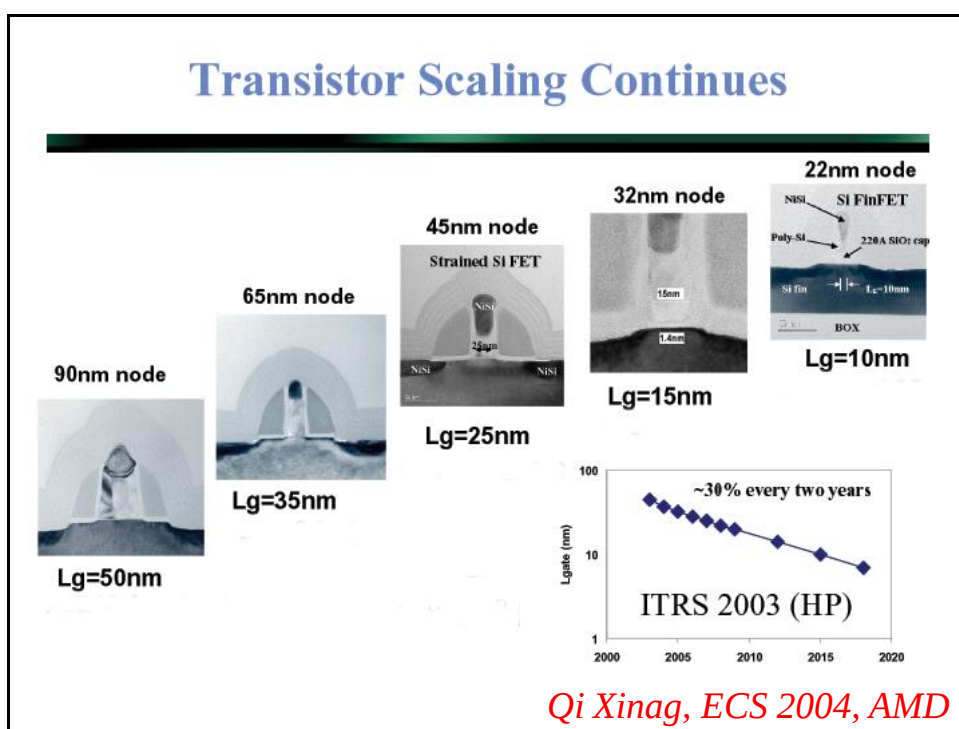
O primeiro circuito integrado foi fabricado na Fairchild, em 1959. Na época, usavam-se dimensões da ordem de 20 a 50 microns e, gradualmente, essas dimensões foram sendo reduzidas. No gráfico a seguir, podemos observar que, em 1980, as dimensões dos componentes dos circuitos eram da ordem de 2 microns e, em 1990, foram reduzidas para cerca de 1 micron. Finalmente, em 2000, ultrapassaram a barreira do 1 micron (100 nanômetros). Quando as dimensões são abaixo de 100 nanômetros, começa a nanotecnologia.



Esse processo de redução do tamanho dos componentes eletrônicos deu origem à chamada “Lei de Moore” que, embora não seja uma lei científica, é um princípio de evolução econômica. Em 1965, Gordon E. Moore, presidente da Intel, previu que o número de dispositivos de *transistores* por *chip* duplicaria a cada dois anos. Inicialmente, a evolução da produção dos circuitos integrados seguiu essa regra e, posteriormente, o período de duplicação de dispositivos por *chip* reduziu para, em média, dezoito meses. Ou seja, podemos observar uma tendência de redução gradual das dimensões dos componentes eletrônicos, desde a válvula, passando pelo transistor e, finalmente, o circuito integrado. Este último, por sua vez, tende a possuir dimensões cada vez menores.



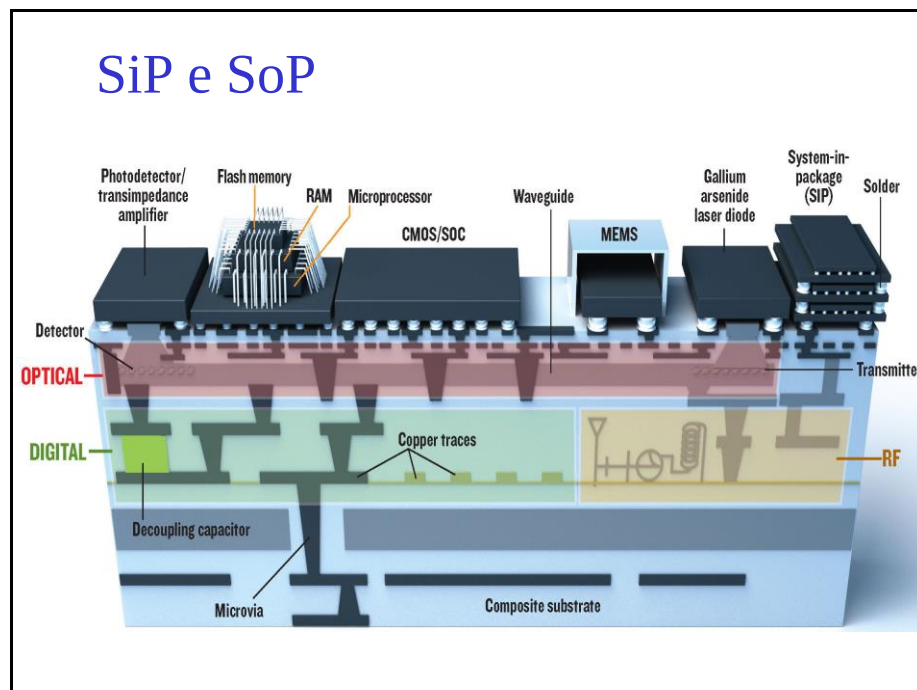
Por que a microeletrônica segue esta tendência? Porque, com a diminuição das dimensões, reduzimos as capacitâncias. Reduzindo as capacitâncias, reduzimos a energia armazenada e o consumo de potência e, com isso, aumentamos a velocidade. Além disso, com dimensões menores, conseguimos uma maior integração. Por fim, também temos a redução de custo por função. Esse é o motivo da evolução da microeletrônica.



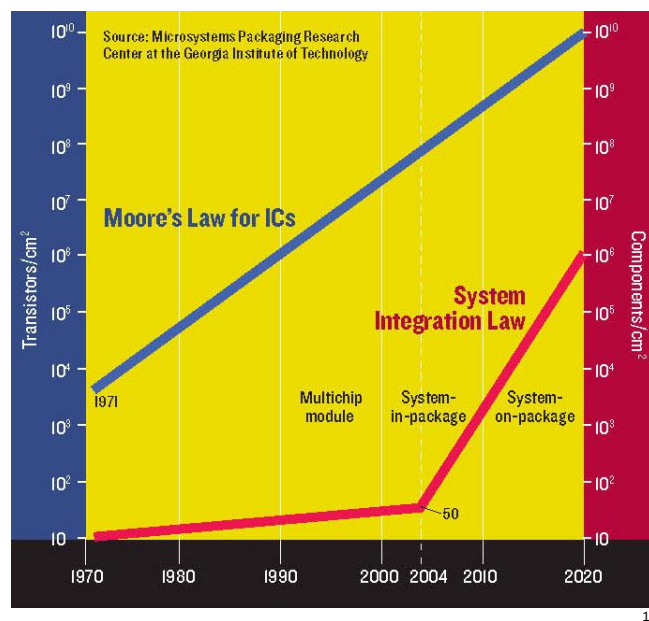
Na imagem acima ilustramos um pouco os *transistores* atuais. O estado da arte, chamado “nó tecnológico”, produz dispositivos com a distância de 65 nanômetros entre as

regiões “fonte” (região preta) e dreno do *transistor*. O dispositivo é controlado por uma linha condutora de largura, nesse caso, com 35 nanômetros. Hoje, portanto, a indústria eletrônica está produzindo dispositivos com dimensões nanométricas. Claramente, podemos chamar isso de tecnologia nanoeletrônica. No próximo ano, devemos ter uma geração de *transistores* com 45 nanômetros e, em 2010, com 32 nanômetros. A tendência é que a cada dois anos, aproximadamente, tenhamos uma nova geração tecnológica de dispositivos eletrônicos.

A microeletrônica segue uma tendência evolutiva, desde os tubos de válvulas para os transistores, passando pelo circuito integrado e, mais recentemente, pela *ultralar integration* (?). Temos uma previsão de que os dispositivos devem continuar reduzindo de tamanho nos próximos dez anos e depois vamos chegar num limite, que dificilmente poderá ser ultrapassado. No entanto, em paralelo, temos o aparecimento de novos conceitos e de novas tecnologias de eletrônica magnética, eletrônica de plásticos, ótica, biosensores, nanotecnologia molecular etc. No curto prazo, essas tecnologias não devem substituir a tecnologia de microeletrônica ou nanoeletrônica, CMOS etc.. Provavelmente, devemos assistir a um período de convivência e integração entre as várias tecnologias.



Essa tendência de redução de dimensões, conhecida como “Lei de Moore”, vem apresentando algumas dificuldades fundamentais. Existem limitações físicas e também limitações econômicas para que as tecnologias de nanoeletrônica reduzam continuamente de tamanho. Essas limitações deram origem ao que se chama de “nova Lei de Moore”, que está relacionada com o surgimento de novos sistemas tecnológicos, entre eles: *system-in-package* (SiP), que consiste em múltiplos chips de circuitos integrados (CI’s) numa única cápsula; e *system-on-package* (SoP) ou *system-on-module* (SOM), composto por uma cápsula com chips de CI’s, antenas, capacitores, indutores, resistores, filtros, cristais, sensores e guias de ondas. O gráfico abaixo ilustra essas duas leis que andam em paralelo. Por um lado, temos cada vez *transistores por chip* e, por outro, cada vez mais componentes por cápsula.

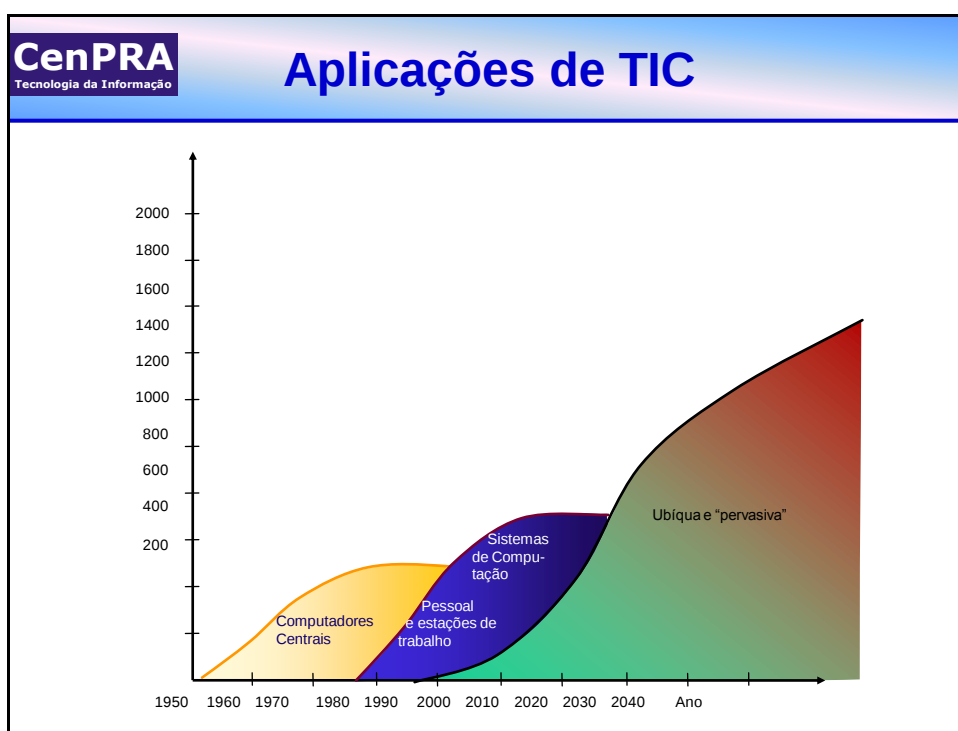


•R. R. Tummala, MOORE'S LAW MEETS ITS MATCH, IEEE Spectrum, p. 44, June 2006.

Este é um pequeno resumo do que é nanoeletrônica, que eu classifico como uma área “nova”. Se levarmos em consideração as aplicações associadas a essas tecnologias, veremos que essa é uma área repleta de inovações e com forte tendência evolutiva.

Aplicações de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC)

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) são o motor da economia da sociedade contemporânea. Eu costumo dizer que vivemos atualmente na idade do silício, pois a computação está presente em quase todas as atividades humanas. Geralmente nem percebemos, mas a computação está envolvida nas mais diversas atividades industriais, tecnológicas, agrícolas e de serviços. Por outro lado, também estamos presenciando um fenômeno de convergência entre várias tecnologias, especialmente entre as tecnologias de informática, comunicação e automação.



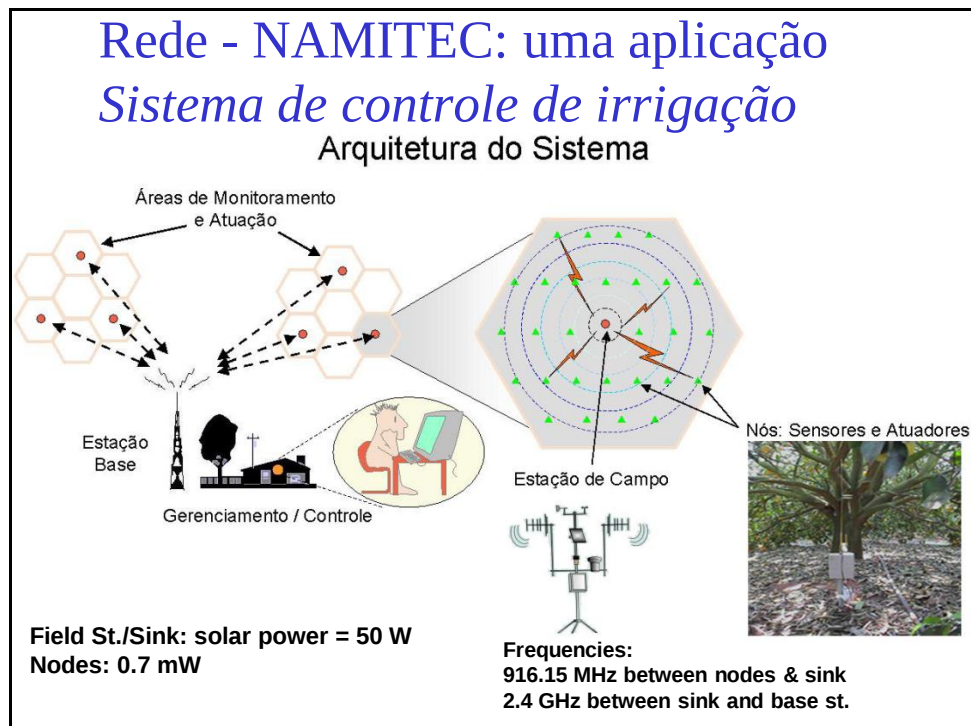
O gráfico acima ilustra o processo de evolução dos computadores, desde a década de 1960, com o surgimento dos grandes computadores centrais, passando pela fase de computadores pessoais, que teve um grande impulso na década de 1990, pelo desenvolvimento dos sistemas de computação e, mais recentemente, por uma onda de computação ubíqua e “pervasiva”.

Temos vários exemplos de como as TIC estão estimulando o surgimento de um novo tipo de inteligência em nosso meio. Temos o caso das redes e sensores para a área de saúde,

que têm diversas aplicações, incluindo os sensores de monitoramento ambiental (para controle da qualidade do ar, por exemplo) e os sensores de monitoramento de eletroencefalograma, pressão sanguínea, glicose etc. Essas novas tecnologias também permitem a comunicação remota de dados médicos, por exemplo, do atleta para o técnico ou do paciente para o médico, contribuindo para a antecipação de diagnósticos e para uma maior rapidez e eficácia dos tratamentos de saúde.

As TIC estão invadindo os nossos lares, por meio das novas tecnologias de *iHome*, que incluem, entre outras aplicações: *displays* na parede da casa, papel de parede inteligente; refrigeração inteligente, janelas auto-limpantes e sistemas de segurança. Por outro lado, o setor automotivo também tem incorporado muita inteligência eletrônica. Por exemplo: sistema de visão noturna, que deve aparecer em breve e que vai dar mais segurança para motoristas e passageiros; ampla comunicação do carro com o mundo externo; estradas inteligentes; rastreamento dos automóveis pelas estradas etc. Além disso, as redes sem fio de info-entretenimento, comunicação, navegação e identificação devem permitir a ampliação da comunicação entre as pessoas, em qualquer lugar e em qualquer instante.

A computação tende a ficar cada vez mais ubíqua e escondida e a promover uma melhoria na qualidade de vida de forma não invasiva. Através de sensores eletrônicos, o meio e “coisas” vêem, escutam, sentem e tornam-se sensíveis e adaptativos às pessoas. As novas formas de computação “pervasiva” têm aplicações em quase todas as áreas, incluindo: esporte, saúde, eletrônica de consumo, comunicação, entretenimento, agricultura, meio ambiente, segurança, ensino, transporte etc.



Acima, temos um exemplo da Rede NAMITEC, que é uma rede que eu coordeno no âmbito do Programa Institutos do Milênio, do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). Um das aplicações que estamos desenvolvendo é um sistema de rede de sensores e comunicação para o controle de irrigação. O sistema incorpora uma matriz de sensores em cada fazenda para o monitorando das condições de umidade do solo, temperatura etc. Os dados são repassados em tempo real para uma estação local de campo e, dessa estação, são enviados para a estação base de gerenciamento e controle. Este é um projeto importante para a melhoria da eficiência da agricultura e também para o meio ambiente, pois evita o desperdício de água e de energia na irrigação. Tudo isso necessita de software e de hardware (ou de circuitos integrados).

Com relação aos circuitos integrados, podemos constatar um atraso na parte de projeto (*design*), pois a tecnologia evoluiu mais rápido do que o número de *transistores* que os projetistas conseguem inserir no *chip*. Nas duas últimas décadas, foi detectado o que os especialistas chamam de "*design gap*", pois a nanoeletrônica tem evoluído com taxas superiores às taxas de crescimento da eficiência dos projetos. Isso criou uma forte demanda

de mercado por bons projetistas. Dessa forma, assim como na área de software, temos uma grande janela de oportunidade para o desenvolvimento de projetos de circuitos integrados. Uma das possibilidades é fabricação de semicondutores por “*fabless*”, ou seja, por empresas que projetam o componente, terceirizam a sua fabricação e depois vendem o produto com a sua marca. Atualmente, os fabricantes “*fabless*” representam 20% do mercado de CI’s. No entanto, existem diversas dificuldades técnicas para projetos dessa natureza, sobre as quais não posso me aprofundar neste momento.

Também gostaria de apresentar alguns dados, de um seminário realizado pela *Networked European Software and Services Initiative (Nessi)*, sobre a área de software, internet e serviços. No mercado europeu, em 2005, essa área envolvia um volume de recursos superior a 215 bilhões de *Euros* e empregava mais de um milhão de especialistas. Esse é parâmetro importante para quem discute o tema, pois se trata de uma área de capacitação considerada estratégica em toda a Europa. Essa área está migrando do desenvolvimento de software para o setor de serviços e tem apresentado um grande aumento de complexidade e conectividade. Em termos de prioridade para as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), o grupo da *Nessi* recomenda o investimento nas seguintes áreas: engenharia de software e serviços; infra-estrutura orientada para serviços; confiabilidade e segurança; e desenvolvimento de códigos-fontes e padrões abertos. Por outro lado, na área de *internet* já está se desenhando a *web 3.0* (hoje trabalhamos com a *web 2.0*), com o objetivo de torná-la mais dinâmica, pervasiva, rica e transparente.

Microelectromechanical Systems (MEMS) e similares

Os *microelectromechanical systems* (MEMS) constituem uma arte relativamente nova. Existem vários tipos sinônimos e similares para os MEMS. Um dos sinônimos é o *microsystem*. Por outro lado, um de seus similares é o *nanoelectromechanical system* (NEMS). Às vezes, se

utiliza a sigla MOEMS, introduzindo a letra “O” de ótica. Além disso, entre outras tecnologias similares, temos os BioMEMS.

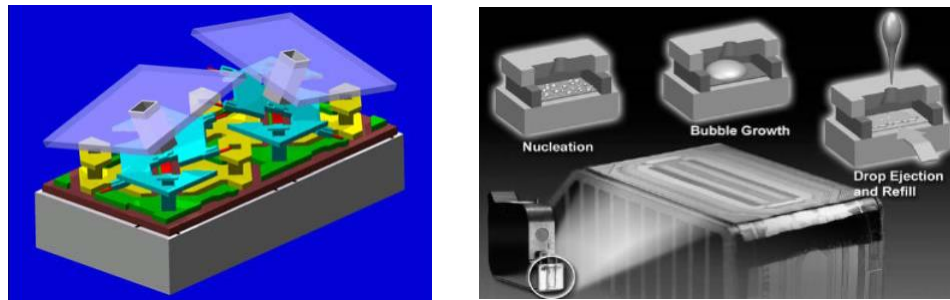
Os MEMS têm aplicações em diversos segmentos. Há muito espaço para inovação nesta área, que é essencialmente multidisciplinar. Para trabalhar em MEMS, é preciso conhecer a tecnologia empregada e o meio em que se pretende atuar. Essas tecnologias podem ser aplicadas nas áreas de medicina, mecânica, química, e assim por diante. Para desenvolver um sensor com essa tecnologia, é preciso saber conversar com os especialistas e conhecer profundamente a área em que este sensor vai ser utilizado. Os BioMEMS, por exemplo, são fundamentais para a agricultura, para a agropecuária e para a medicina.

Os MEMS e seus similares não requerem tecnologia nanoeletrônica, pois, normalmente, não se trabalha com dimensões nanométricas. Podem-se utilizar tecnologias mais simples. A empresa que fabrica o *chip* do *airbag*, por exemplo, utiliza uma tecnologia de três micros. A fabricação de MEMS é um mercado que cresce, aproximadamente, 15% ao ano e que se constitui numa janela de oportunidade para vários países emergentes. Cingapura, por exemplo, domina 11% de mercado de MEMS. A tabela a seguir apresenta os números desse mercado para sistemas e dispositivos.

Mercado de MEMS (Janusz Bryzek, LVSI, IberMEMS, Puebla 2006):

	2005	2010	AGR
MEMS Systems	48 B\$	95 B\$	15%
MEMS Devices	a) 5.2 B\$ b) 8.0 B\$	a) 9.9 B\$	a) 13% b) 17%

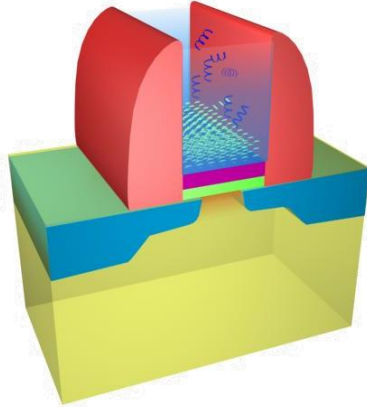
- Quatro produtos de grande consumo: sensor de pressão, acelerômetros, jatos de tinta, micro-espelhos para projetores.
- sensor de pressão e acelerômetros: mercados automotivo, industrial e médico.
- jato de tinta e micro-espelhos: mercados de consumo.



A figura acima ilustra quatro exemplos de aplicações em área de grande consumo: o sensor de pressão, o acelerômetro, a impressora com jato de tinta (a cabeça de jato de tinta é o micro-fabricado, ou seja, o MEMS), e o micro espelhos para canhões de projeção. Os sensores de pressão e os acelerômetros têm aplicações, sobretudo, no mercado automotivo, industrial e médico. O chip do marca-passos, por exemplo, tem um acelerômetro embutido. Por quê? Porque, no caso de diminuição da frequência cardíaca, o marca-passos ajuda a pessoa a reagir e aumentar a frequência de seus batimentos cardíacos. No caso do setor automotivo, sabemos que os carros têm uma enorme quantidade e variedade de sensores que incorporam a tecnologia de MEMS.

Abaixo temos uma ilustração do BioMEMS. O desenho representa um sensor (ou *transistor*) com *gate* aberto e em contato com uma solução que transmite a carga e modula a corrente que passa pelo *transistor*. Uma possível aplicação do BioMEMS, por exemplo, é a sua utilização para a identificação do DNA. Existem diversas outras aplicações para a área médica, química, agrícola etc.

ChemFET - standard



•ChemFET: SGFET

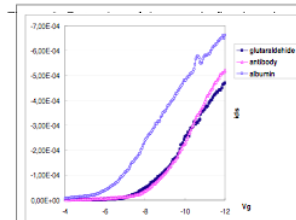
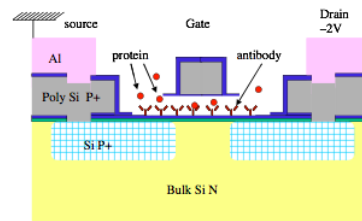
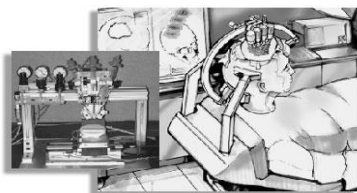


Figure 8. Visualization of the V_{th} 2V shift in a 1 µg/ml albumin solution.

No futuro, assim como hoje temos um injetor para impressão, poderemos ter dispositivos para depositar materiais biológicos. Também existem previsões para a existência de injetores de células para formar órgãos biológicos, por meio do implante do material biológico e da indução do fator de crescimento. Dessa forma, talvez seja possível, futuramente, a geração de órgãos biológicos. Tudo isso são apenas previsões, mas, de qualquer forma, trata-se de um novo mundo, uma área nova de MEMS.

Carnegie Mellon



Leo Weiss and Phil Campbell of the Bone Tissue Engineering Center have developed a prototype printer, left, for fabrication of scaffolds with growth factors to produce bone. It is used only with lab animals. The illustration, right, envisions future application of the machine to a human patient's skull.

"Deposição automática por camadas de tecidos e materiais vivos biologicamente relevantes com a finalidade de manufatura rápida de órgãos humanos funcionais" (Dr. Vladimir Mironov from MUSC Bioprinting Center - USA)

Futuro

... "uma mini-impressora que será montada no paciente durante a cirurgia. O dispositivo irá imprimir o implante e fatores de crescimento diretamente no paciente." (Phil Campbell)



...one of "Six technologies that will change the world"

...at least according to magazine "Business - 2.0"

Meio ambiente e energia

Outra área nova e crítica é a de meio ambiente e energia. Atualmente, temos diversas inovações tecnológicas aplicadas a esta área. Inicialmente, gostaria de ressaltar que a utilização de MEMS é muito importante para o desenvolvimento sistemas de controle ambiental. Outra questão interessante é a utilização de LED (diodo semicondutor) para a redução dos gastos com energia elétrica. Finalmente, o emprego de painéis fotovoltaicos também é extremamente relevante para a geração de energia limpa e com menor impacto ambiental.

Tendências para as tecnologias de LEDs semicondutor

Tecnologia	SSL-LED 2002	SSL-LED 2007	SSL-LED 2012	SSL-LED 2020	Incandes- cente	Fluores- cente
Eficiência Luminosa (lm/W)	25	75	150	200	16	85
Tempo de Vida (khr)	20	>20	>100	>100	1	10
Fluxo (lm/lamp)	25	200	1.000	1.500	1.200	3.400
Input Power (W/lamp)	1	2,7	6,7	7,5	75	40
Color Rendering Index (CRI)	75	80	> 80	> 80	95	75
Custo por Lúmens (\$/klm)	200	20	< 5	< 2	0,4	1,5
Custo da Lâmpada (\$/lamp)	5	4	< 5	< 3	0,5	5
Mercado de Iluminação	Baixo Fluxo	Incandesc.	Fluoresc.	Todos		

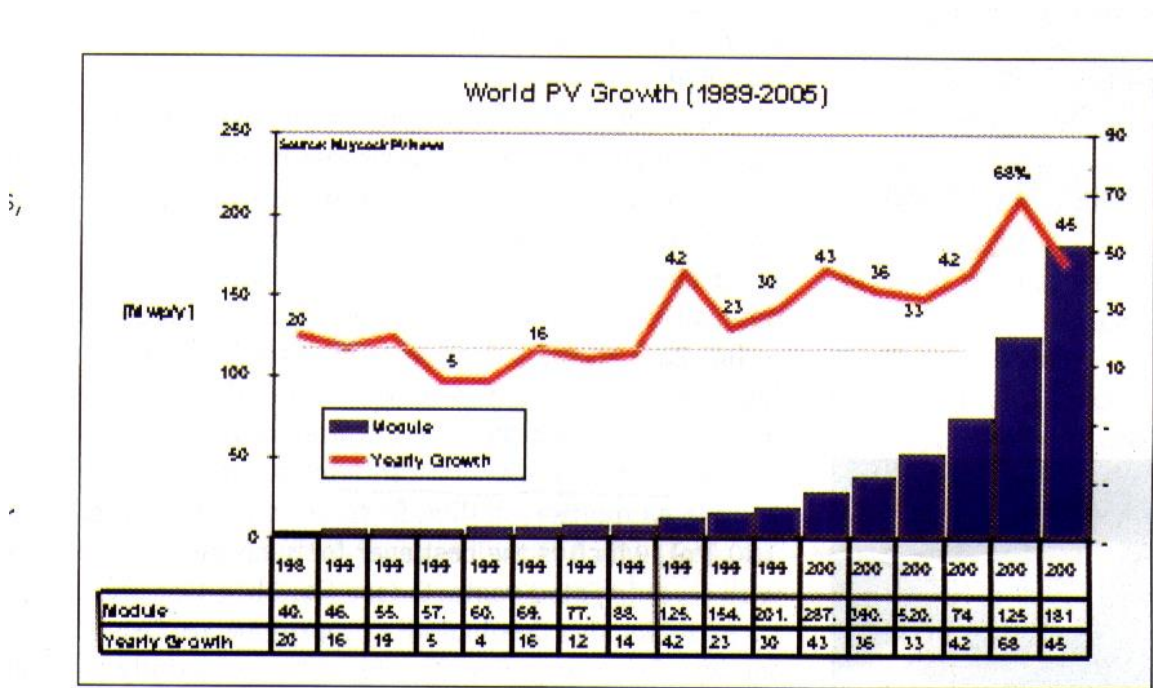
Fonte: Oida

A tabela acima ilustra as tendências de evolução dos LEDs de semicondutor no período de 2002 a 2020 e faz uma comparação com as características das lâmpadas incandescentes e fluorescentes. Em termos de eficiência luminosa, avaliada em lumens por watt gasto (lm/W), podemos constatar a vantagem crescente das LEDs em comparação com as lâmpadas incandescentes. Mesmos em relação às lâmpadas fluorescentes, que são mais econômicas, a tendência é que a eficiência das LEDs seja superior a estas no futuro próximo. Atualmente, o tempo de vida de uma LEDs de semicondutor é o dobro de uma lâmpada fluorescente e vinte vezes superior ao de uma lâmpada incandescente. O custo por lumens ainda é elevado. No entanto, a tendência é que este custo baixe e chegue próximo ao custo das lâmpadas

fluorescentes e incandescentes. Finalmente, vale ressaltar que a função de custo de produção tende a tornar economicamente viável substituir lâmpadas por LEDs, que dão muito mais liberdade para que se faça diferentes tipos de iluminação (em termos de cores e formas, distribuição das fontes, e assim por diante).

Estima-se que a iluminação representa, aproximadamente, 20% de toda a energia elétrica gasta no mundo. A economia de energia em iluminação é fundamental para o meio ambiente e, por isso, é importante migrar a matriz de iluminação para os LEDs. O mercado de LEDs cresce em torno de 47% ao ano, incluindo aplicações nos setores de aparelhos móveis, avisos, iluminação, indústria automotiva, sinalização etc. No setor de iluminação, o custo de produção ainda não é economicamente viável. Mesmo assim, em 2007, espera-se um crescimento de 12% na aplicação de LEDs para iluminação.

Produção mundial de módulos Fotovoltaicos



described by the term "ambient intelligence".

Fig.1: Evolution of

O gráfico acima ilustra o crescimento mundial da produção de módulos fotovoltaicos no período de 1989 a 2005. A demanda mundial por painéis fotovoltaicos tem um crescimento

anual da ordem de 40%. O crescimento do mercado de energia solar se aproxima do crescimento observado nos mercado de outras fontes alternativas de energia, especialmente dos mercados de biocombustíveis e de energia eólica. No Brasil, falamos muito dos biocombustíveis e esquecemos-nos de mencionar o nosso potencial para a produção de energia solar. Acredito que o país deveria cuidar mais dessa área, que é uma área nova e importante para o nosso desenvolvimento sustentável.

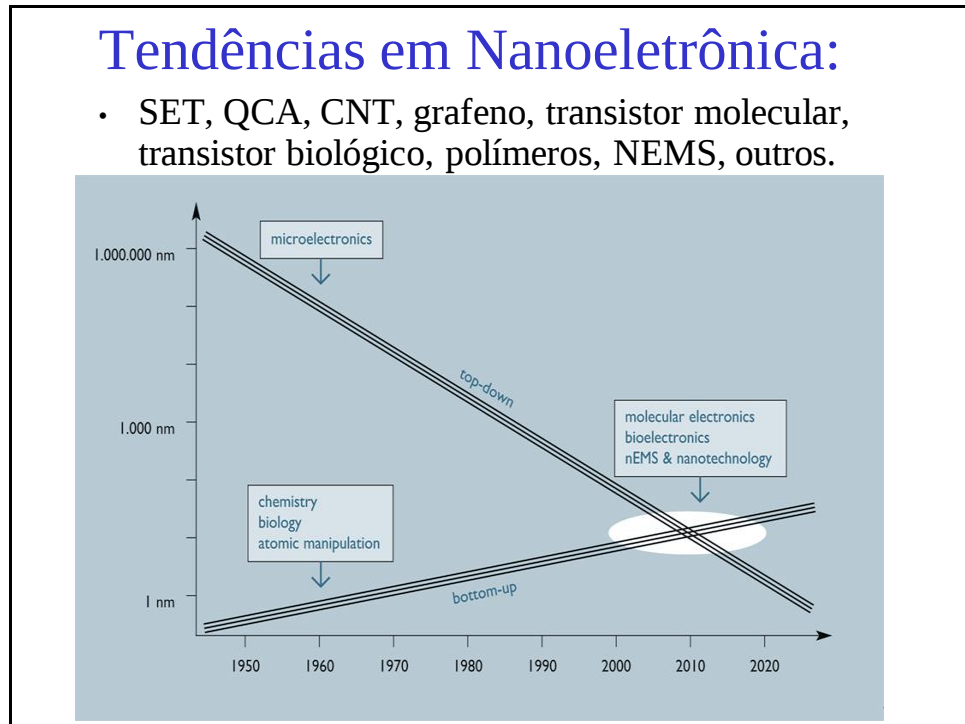
Nanotecnologias

Não há dúvida de que a nanotecnologia é uma área nova. O que é nanotecnologia? Vou apresentar duas definições. Primeiramente, temos a definição mais clássica e filosófica, adotada por Feynman e Drexler, segundo a qual: *“a nanotecnologia é o princípio do controle da estrutura da matéria em nível molecular pela manipulação átomo a átomo”*. Por outro lado, a *National Science Foundation (NSF)* adota seguinte definição: *“é a ciência e a engenharia de estruturas em escala nanométricas, que apresentam propriedades modificadas pela redução da dimensão”*. Ou seja, quando reduzimos dimensões, há uma mudança nos níveis de energia que provocam mudanças nas propriedades da matéria. Isso acontece, sobretudo, quando estamos trabalhando com dimensões abaixo de 100 nanômetros.

Temos vários tipos de nanotecnologias, incluindo: nanomateriais, nanopós e nanocompósitos; nanoestruturas de carbono; nanobiologia; nanobiomimética; nanocosmética; nanoóptica, fotônica e energia solar; nanotecnologia molecular; nanoeletrônica, entre outras. A nanotecnologia engloba, eventualmente, toda a química e boa parte da física e da biologia molecular.

Como fica a nanoeletrônica após o limite de escalamento CMOS? Vamos precisar combinar novos conceitos de dispositivos e circuitos: a) dispositivos de bloqueio Coulombiano, entre outros dispositivos de um único elétron; b) dispositivos de tunelamento ressonantes (RTD); c) estruturas de nano-tubos de carbono; d) transistor molecular; e) dispositivos

quânticos, onde se controla o estado do elétron de um átomo (spintrônica). Já existem pesquisas em andamento nessas áreas todas, que, certamente, são áreas novas e que irão agregar-se à eletrônica tradicional CMOS.



Temos também uma convergência entre os processos padrões da microeletrônica, ou seja, do padrão *top down* com o *bottom-up*. Na natureza prevalece o padrão *bottom-up*, a química e a biologia crescem de “baixo para cima”. Na microeletrônica o processo padrão é *top down*. Certamente, teremos uma convergência entre essas tecnologias, constituindo novos dispositivos e estruturas.

Outra questão relevante - nano *versus* micro. Muitas pessoas falam: “- já perdemos o bonde do micro, por isso devemos esquecer isso e pegar o bonde do nano”. Eu não concordo com esse tipo de raciocínio. O micro não é passado e não pode ser desprezado. Muitas nanotecnologias usam a mesma plataforma tecnológica das microtecnologias e, por outro lado, muitos dispositivos vão integrar as duas tecnologias, micro com nano na mesma estrutura. Além disso, nem sempre uma solução nano é melhor. Por que fazer um MEMS ou um NEMS? Pode ser que no desenvolvimento de certo dispositivo seja mais vantajoso escolher

o micro do que o nano, isso vai depender da relação custo-desempenho para uma dada função. Nem sempre a nanotecnologia é a melhor solução.

Enfim, isso descreve um pouco as áreas novas com as quais eu tenho mais contato. Devem existir muitas outras áreas, sobretudo nas ciências biológicas, que eu domino menos. Por isso, me restringi a essas áreas.

Sugestões para a formação em novas áreas

Depois desse breve relato, devemos debater a questão fundamental desse simpósio: como formar os recursos humanos necessários para o desenvolvimento dessas novas áreas?

Em primeiro lugar, acho que devemos atualizar e ampliar os programas tradicionais de física, química, biologia e engenharia. Como citei anteriormente, geralmente, os cursos nessas áreas são muito conservadores e demoram a introduzir as coisas novas quando necessário. Isso deveria acontecer de forma mais rápida.

Em segundo lugar, devemos ampliar os programas novos: ciência e engenharia da computação; mecatrônica ou automação e robótica; engenharia física; engenharia biomédica e física médica. Existem muitos cursos de engenharia física pelo mundo afora e, no entanto, o Brasil praticamente não tem esse tipo de curso. O único curso que eu conheço de engenharia física no país é o da Universidade Federal de São Carlos. Por que a física não acompanha a química? Temos bacharelados em engenharia química, mas isso não acontece na física. Eu acredito que há campo de atuação e também uma demanda por engenheiros físicos no País. Outras áreas importantes são as de engenharia biomédica e de física médica, que são áreas correlatas.

Finalmente, em terceiro lugar, devem-se criar novos programas, especialmente programas multidisciplinares (envolvendo física, química e biologia), de engenharia de instrumentação, de engenharia microeletrônica e de nanotecnologia.

Com relação aos programas multidisciplinares, vale ressaltar que não precisamos necessariamente de um curso totalmente multidisciplinar, mas eu acho que é importante temos um maior número de bacharéis e pesquisadores com formação multidisciplinar. A Universidade de São Paulo (USP) criou um programa dessa natureza. No entanto, uma das dificuldades encontradas é a seguinte: o aluno entra nesse programa, mas qual o diploma que ele ganha no final? Ele é físico, ele é químico ou o que ele é? Uma das preocupações do pessoal que está à frente desse programa é essa. Mas, de qualquer forma, eu acho importante que o País tenha pessoas com formação multidisciplinar.

Também temos necessidade de novos programas em engenharia de instrumentação, que vai um pouco de acordo com as demandas da sociedade, com as necessidades do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), por exemplo. Existe um mercado muito grande de instrumentos para medição com boa confiança e precisão. De certa forma, as pessoas que trabalham com o desenvolvimento de instrumentos têm que ter uma formação multidisciplinar. Dependendo da grandeza que os instrumentos devem medir, os engenheiros precisam entender de eletrônica, física, química ou biologia. Acho que o país precisa de formação em engenharia de instrumentação.

Gostaria de fazer algumas considerações com relação à prática do ensino. Primeiramente, não se deve reduzir o conhecimento básico, isso tem que ser mantido a todo custo. Os alunos devem ser formados com bom conhecimento básico e, também, deve-se procurar manter um equilíbrio entre este tipo de conhecimento e a especialização.

Por outro lado, podemos observar que, em algumas áreas (como a nanotecnologia), os limites entre as diversas disciplinas estão sendo superados e está ocorrendo uma espécie de convergência entre as várias ciências. Por isso, precisamos de pessoas com formação multidisciplinar. O princípio da formação deve ser o de ensinar a pensar. Muitas vezes, o aluno se forma e não aprende a pensar. Este aluno precisa aprender a estudar e a pensar para, depois da graduação, empreender uma formação continuada ao longo da vida.

Finalmente, acho que devemos dar uma alerta com relação à utilização da *internet* como instrumento de aprendizagem, pois muitas pessoas procuram informações apenas na *internet*. A *internet* oferece informações de forma rápida, restrita, e que, muitas vezes, não são confiáveis. Por isso, deve-se ter muito cuidado, pois ela não pode substituir os livros. Os alunos têm que estudar, principalmente, por meio de livros.

Comparações países BRIC e Programa CI-Brasil

Por fim, quero fazer uma rápida comparação com os dados de outros países. Limitei-me aos países BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China), pois estes são os nossos competidores diretos, sobretudo, nos setores de serviços e projetos. Se estendermos a comparação para os chamados tigres asiáticos, veremos que a situação brasileira é ainda mais frágil.

A tabela a seguir apresenta alguns dados econômicos relativos, primeiramente, ao Produto Interno Bruto (PIB, ou GDP, em inglês) e, na sequência, ao Produto Interno Bruto normalizado pela Paridade do Poder de Compra (GDP PPP). Considerando o indicador relativo ao GDP atual, a China está em segundo lugar, a Índia em quarto, o Brasil em nono e a Rússia na décima colocação. Se observarmos o indicador relativo à taxa de crescimento nos últimos dez anos, veremos que, comparado aos demais países, o Brasil apresentou um baixo desempenho (apenas 2,6% de crescimento, enquanto a China ostenta uma taxa de crescimento de 8,3% e a Índia de 5,9%). Mas com relação aos outros indicadores - renda *per capita*, importação e exportação e gastos em TI - o Brasil não está tão mal, se comparado com os países em análise. Em relação ao investimento externo, com exceção da China (que recebe um grande volume de investimentos), estamos numa situação compatível com a da Rússia e um pouco melhor que aquela encontrada na Índia.

BRIC Economic Comparison



GDP actual	\$775B (#9)	\$2.22T (#2)	\$759B (#4)	\$763B (#10)
GDP PPP	\$1.6T PPP	\$9.4T PPP	\$3.6T PPP	\$1.6T PPP
CAGR 97-06	2.6% growth	8.3% growth	5.9% growth	4.7% growth
Per capita income	\$3420	\$1702	\$640	\$5150
	\$8565 PPP	\$7186 PPP	\$3363 PPP	\$10,868 PPP
Import/Export	\$96B in \$138B out	\$628B in \$762B out	\$119B in \$81B out	\$125B in \$243B out
IT spend	\$12B	\$31B	\$30B	\$12B
FDI	\$16B	\$68B	\$9B	\$15.3B

PPP=Purchase Power Parity (\$1 buys equal goods in both countries)
FDI=Foreign Direct Investment
Source: IMF

Já os dados da próxima tabela apresentam as populações de cada país. China e Índia têm, mais ou menos, seis ou sete vezes mais habitantes que o Brasil. Por outro lado, temos uma população maior que a da Rússia. Levando em consideração o tamanho da população de cada país, veremos que o Brasil não está mal com relação aos demais indicadores apresentados da tabela (PCs, telefones fixos, telefones sem fio e usuários de *internet*). Com relação à pirataria, o Brasil está numa situação um pouco melhor que os demais países comparados.

BRIC Technology Penetration Comparison

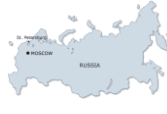


Population	188M	1.3B	1.1B	142M
PCs	24M	40M	50M	17M
Wired Phone	41M	369M	50M	40M
Wireless phone	85M	400M	150M	120M
Internet users	24M	104M	40M	22M
Software Piracy	64%	86%	72%	83%

Sources: IDC, Frost & Sullivan, ITU, Business Software Alliance

Podemos comparar também o desenvolvimento de semicondutores no Brasil e na Índia. Todos os dez maiores fabricantes *fabless* de circuitos integrados estão presentes na Índia. Como expliquei anteriormente, trata-se das empresas que projetam circuito e terceirizam a sua produção. No Brasil, ao contrário, não temos praticamente nenhuma dessas empresas. As grandes empresas de semicondutores realizam desenvolvimento tecnológico na Índia, e não no Brasil.

Na tabela a seguir, temos alguns dados relativos à situação educacional desses países. O Brasil tem 2,3 milhões de pessoas em universidades. Levando em consideração o tamanho da população de cada país, estamos numa situação razoável em relação à China e à Índia. Já a Rússia está numa situação muito melhor que a brasileira. Com relação graduação tecnológica, estamos numa situação péssima, com apenas 40 mil concluintes por ano. A China e na Índia possuem um número muito maior de alunos graduados em cursos tecnológicos. Com relação ao ensino técnico, também estamos muito mal. Dessa forma, em alguns aspectos, temos uma situação compatível com a encontrada nesses países, mas em termos de formação nas áreas técnicas e tecnológicas nós estamos numa situação muito frágil.

BRIC Educational/Workforce Comparison				
				
College Enrollment	2.3M	16M	9.3-12M	8.5M
Technical graduates/yr	40K	600K	464K (143K EE/CS)	1.3M (all graduates)
Total population w/ tech. degree	740K	10M	6M	?
Sources: IDC, Indian Gov't, Cadence estimates. March 2007.				

Outro aspecto relevante, *outsourcing* de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), ou seja, uso estratégico de recursos externos para a realização de atividades de P&D. Os países desenvolvidos fazem *outsourcing* de pesquisa, de projetos e também de serviços tecnológicos. Para o Brasil, isso constitui uma valiosa oportunidade, sobretudo na área de eletrônica, que é um grande mercado (está alcançando algo em torno de um trilhão de dólares anuais). A propriedade intelectual e o projeto do circuito integrado representam um grande valor agregado aos produtos.

O Brasil vende mais de US\$ 50 bilhões em produtos eletrônicos no mercado internacional e tem um déficit na balança comercial de US\$ 3 bilhões com a importação de circuitos integrados. Nós temos dois pontos favoráveis nesse mercado, o nosso fuso próximo ao da Europa e dos Estados Unidos e também a questão da proximidade cultural com os principais mercados do Ocidente. Desse modo, não temos grande barreiras e temos que aproveitar o *outsourcing* que está ocorrendo nos países desenvolvidos.

O Brasil está tomando algumas medidas de políticas públicas e, nos últimos anos, foram criados incentivos, leis e programas, como o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS) e o Programa Softex.



Mais recentemente, temos o Programa Circuito Integrado Brasil (CI-Brasil), que é uma iniciativa do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). O programa CI-Brasil é coordenado pelo MCT e envolve sete *designers houses* (casas de projeto): Centro de Pesquisas Renato Archer (CenPRA); Centro de Estudos Avançados do Recife (C.E.S.A.R.); Centro para Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE); Centro de Ciência, Tecnologia e Inovação do Pólo industrial de Manaus (CT-PIM); Centro de Pesquisas Wernher Von Braun; Centro de Excelência em Tecnologia Eletrônica Avançada (CEITEC); e o Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico (LSITEC).

São sete centros de projeto para os circuitos integrados que, neste momento, estão participando da elaboração de um curso de especialização para projetistas de CI's. Para isso, estamos negociando o apoio da empresa Cadence (fornecedor de Educação à Distância). A idéia é que estas *designers houses* possam atender a demanda de empresas como a Freescale. Hoje, a Freescale tem cerca de 160 projetistas de circuitos integrados, trabalhando para a própria empresa. Acredito que, se tivermos um grande número de projetistas, a demanda por projetos de CI's desenvolvidos no País pode aumentar.

Conclusões

Podemos concluir que o País precisa elevar, rapidamente, a formação de recursos humanos para essas novas áreas tecnológicas, em particular para a área das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). Precisamos ampliar o número de vagas e bolsas de estudo nessas áreas e criar mecanismos de atração dos jovens para as áreas tecnológicas.

Já existem algumas ações nesse sentido, mas elas têm um escopo muito limitado. Temos, por exemplo, a semana de Ciência e Tecnologia, organizada pelo MCT. No CenPRA, nós participamos desse projeto e recebemos muitos jovens oriundos das redes de ensino, que são pessoas que vão ter um primeiro contato com a área de C&T. No entanto, acho que deveríamos ter mais projetos de divulgação da ciência e da tecnologia. Precisamos alcançar

também os professores do ensino fundamental e médio Estes professores têm que ter informação qualificada para transmitir aos seus alunos. Esta é uma forma de atrair os jovens para as áreas tecnológicas.

Além disso, como falei anteriormente, devemos atualizar os cursos dos cursos tradicionais, apoiar e ampliar os cursos novos, e criar novos programas. Com isso eu encerro a minha fala. Agradeço a paciência e a atenção.

Cursos Superiores de Tecnologia

Luiz Augusto Caldas Pereira⁹

Muito bom dia a todos e a todas.

Em primeiro lugar, quero agradecer aos professores Conselheiros Antônio Ibañez Ruiz e Paulo Barone pelo convite e dizer que é uma honra participar de um evento promovido pelo Conselho Nacional de Educação para falar de um tema tão relevante como os cursos superiores de tecnologia e, de certa forma, destacar um pouco da experiência dos Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFET's) no que se refere a esta modalidade de curso. Evidentemente, não restringirei as minhas observações aos CEFET's ou às escolas da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica (RFEPT).

Inicialmente, gostaria de ressaltar que eu falo e me posiciono como uma pessoa ligada diretamente à rede federal e, em particular, ao CEFET de Campos. Não é sem intenção que eu destaco o meu lugar de fala, pois, quando entramos no mérito do movimento de criação e consolidação os cursos superiores de tecnologia, percebemos que todo o debate é fortemente matizado pela identificação de seus interlocutores. Assim, eu falo na condição de gestor de uma instituição cuja natureza e existência guarda íntima relação com a formação de tecnólogos. Nesta condição, nós, gestores, participamos de enfrentamentos cuja questão central é o reconhecimento do tecnólogo como um profissional com formação superior plena.

A minha intervenção neste simpósio resulta de algumas observações que retiro de pesquisa bibliográfica e, em maior grau, da minha vivência como gestor de uma instituição pública de educação tecnológica. Quero compartilhar com vocês algumas reflexões, inquietações e questões associadas aos cursos superiores de tecnologia.

⁹ Diretor Geral do Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos (CEFET Campos) e Presidente do Conselho Nacional dos Dirigentes dos Centros Federais de Educação Tecnológica (CONCEFET).

Para uma melhor compreensão do assunto, adoto uma cronologia estruturada em dois períodos. O primeiro período de 1961 a 1996, e o segundo de 1996 até os dias atuais. Nestes espaços temporais, confiro destaque aos seguintes aspectos:

- a) Elementos presentes no surgimento dos cursos de formação de tecnólogos: na legislação educacional, nas engenharias, no cenário econômico e na organização dos processos de produção e formação profissional;
- b) (Re) surgimento dos cursos superiores de tecnologia: a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), a Educação Profissional, cenário econômico, aspectos da nova economia e a formação profissional (perfil do trabalhador);
- c) Questões atuais: avanços, equívocos, barreiras relacionadas com a transversalidade do pré-conceito com a Educação Profissional, a ação das corporações nas firmas e na academia, e alguns números sobre os cursos superiores de tecnologia

O período de 1961 a 1996: o surgimento dos cursos superiores de tecnologia

Há certo consenso entre os especialistas de que existe estreita relação entre o surgimento dos cursos superiores de tecnologia, a abertura concedida pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1961 e a criação dos cursos de engenharia de operação. No seu Art. 104, A LDBEN (Lei nº 4.024/61) estabelece:

“Será permitida a organização de cursos ou escolas experimentais, com currículos, métodos e períodos escolares próprios, dependendo o seu funcionamento para fins de validade legal da autorização do Conselho Estadual de Educação, quando se tratar de cursos primários e médios, e do Conselho Federal de Educação, quando de cursos superiores ou de estabelecimentos de ensino primário e médio sob a jurisdição do Governo Federal”.

Em 1963, com a abertura concedida pela nova legislação, são criados os cursos de engenharia de operação, por meio de um parecer do Conselho Federal de Educação (Parecer CFE No 60/63). Estes cursos surgem com um perfil centrado na atividade de supervisão em setores especializados da indústria. É interessante observar que, em 1965, um Decreto do Governo Federal já criava certa segregação no sistema educacional, pois os cursos de

engenharia de operação deveriam ser ofertados em escolas de engenharia (a exceção das universidades) e em determinadas escolas técnicas federais (Decreto Federal nº 57.075/65)

Na realidade, no que se refere à formação profissional para as atividades industriais, toda a discussão e reflexão que se faz nesse período devem ser entendidas à luz do padrão de desenvolvimento vigente no Brasil. Na economia, os governos militares canalizaram os investimentos públicos em obras de infra-estrutura e na chamada indústria pesada. Especialmente no período de 1968 a 1974, temos o que a literatura especializada denomina de “milagre econômico”, no qual o País alcança altas taxas de crescimento, a ponto de, em 1973, o crescimento industrial chegar ao patamar de 17%. É bem verdade que, por outro lado, esse crescimento se deu à custa da elevação do endividamento externo e da ampliação das desigualdades sociais e econômicas existentes no País.

O padrão de desenvolvimento adotado pela Nação tem uma relação direta com as políticas educacionais e com os destinos da educação brasileira, especialmente no campo da educação profissional. A Lei 5.692/71, a mais relevante referência educacional do período da ditadura militar, traduz bem o conteúdo tecnicista e a natureza autoritária das medidas adotadas à época, onde se destaca a condição de formação técnica compulsória a que foi submetido todo o Ensino de 2o Grau.

No campo da Educação Superior, a chamada reforma universitária de 1968 (Lei no 5540/68), reforça a abertura concedida pela LDBEN e permite a organização de cursos para além das profissões regulamentadas. De acordo com o Art. 18 da Lei no 5540/68:

“Além dos cursos correspondentes a profissões reguladas em lei, as universidades e os estabelecimentos isolados poderão organizar outros para atender às exigências de sua programação específica e fazer face às peculiaridades do mercado de trabalho regional.

Por outro lado, a Lei no 5.540/68 também introduziu a nomenclatura dos chamados “cursos de curta duração”, ao determinar que “... *Serão organizados cursos profissionais de curta duração, destinados a proporcionar habilitações intermediárias de grau superior (§ 1º Artigo 23)*”. O termo “curta duração” é uma marca importante, um aspecto que contorna o

próprio reconhecimento social dos cursos superiores de tecnologia. Além disso, é importante notar que a legislação localiza esses cursos como alguma coisa que está entre a formação média e a formação superior. Ou seja, isso é algo que tem um quê de verticalização, pois os cursos de curta duração deveriam ocupar um degrau anterior à chamada graduação plena.

De acordo com Lucília Machado, em seu artigo “O Profissional Tecnólogo e sua Formação”:

“A Reforma Universitária de 1968 teria jogado um importante papel na formação do conceito dos cursos superiores de curta duração, cursos com currículos flexíveis e conteúdos mais aplicáveis às necessidades produtivas, integralizados em tempo menor que o exigido para os cursos universitários correntes. O indicador referente à curta duração passou a ser o principal para a identificação desses cursos no país”.

Não podemos nos desvencilhar do estudo sobre a questão do desenvolvimento brasileiro quando queremos investigar o campo educacional, particularmente a educação profissional e os cursos de tecnologia. Na realidade, tanto para os cursos de engenharia de operação, como para a educação profissional de um modo geral, podemos perceber a opção estratégica que o País fez com relação ao desenvolvimento e à industrialização. É o modelo de organização industrial, e a concepção que se faz do processo de produção industrial, que definem a construção dos currículos.

Outro fato relevante foi a criação, em 1969, do Centro Estadual de Educação Tecnológica de São Paulo, depois denominado Centro Paula Souza, com o objetivo de formar tecnólogos. Mais uma vez, gostaria de lembrar a relação identitária que existe entre os centros de educação tecnológica (sejam eles estaduais, federais ou de outra natureza) e a formação dos tecnólogos. Essa é uma marca importante, que define o surgimento e a própria existência e dos chamados centros de educação tecnológica. Ainda em 1969, através do Decreto-Lei no. 547, o governo autoriza a organização e funcionamento de cursos superiores de curta duração em algumas escolas técnicas federais.

A nomenclatura “cursos superiores de tecnologia” surge em 1973, a partir de um parecer do Conselho Federal de Educação (Parecer CFE nº 1.060/73). No mesmo ano, ocorre

outro movimento importante para o reconhecimento e a valorização desses cursos. Por meio da Resolução nº 218, o Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA) estabelece as competências e atribuições específicas dos tecnólogos nas áreas de atuação fiscalizadas por este conselho.

Mais adiante, em 1978, os cursos superiores de curta duração constituem um importante marco na implantação dos Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFET's). No momento em que se toma a decisão de disseminar os cursos superiores de tecnologia, esse movimento também atinge as instituições federais. Seguindo essa diretriz, as Escolas Técnicas Federais do Paraná, do Rio de Janeiro e de Minas Gerais são transformadas nos três primeiros CEFET's.

O que está por trás disso? O governo brasileiro, apesar da recessão provocada pela crise de 1973 e pela crise que se avizinhava (em 1979), toma a decisão de investir e continuar projetando um crescimento econômico acima da média mundial. Isso, evidentemente, tem reflexo no âmbito das políticas públicas e justifica, em grande parte, a transformação dessas três escolas federais em CEFET's. É como se o País estivesse desconsiderado o cenário de crise que se apresentava, e decidisse trabalhar na direção da formação de mão-de-obra qualificada para a expansão industrial.

Os cursos superiores de curta duração serviam de nível intermediário entre o curso técnico de nível médio e a chamada graduação plena. Por um lado, os bacharelados formavam para o trabalho de concepção e, por outro, a graduação tecnológica visava à formação de profissionais responsáveis pelas atividades de operação e gestão. Segundo a lógica dos governos militares, os cursos de curta duração eram estratégicos para a racionalização dos investimentos na Educação Superior, em consonância com o padrão de desenvolvimento praticado na época. Ao mesmo tempo, esses cursos também atendiam a demanda de setores da classe média pelo aumento de vagas no ensino superior, aliviando a pressão exercida contra o governo.

O movimento de transformação das escolas técnicas em centros de educação tecnológica segue e, em 1989, temos a constituição do quarto CEFET a partir da antiga Escola Técnica do Maranhão. Em 1993, se consolida a quinta escola da rede federal, o CEFET-Bahia, que resulta não apenas da transformação da Escola Técnica da Bahia, mas também da incorporação de um centro de tecnologia e formação superior que existia em Salvador naquele período.

É importante dizer que, desde a sua origem, o perfil de atuação desses profissionais (sejam os engenheiros de operação, sejam os tecnólogos) não era voltado para as atividades de concepção, mas apenas para as atividades de supervisão e de operação. De imediato, cria-se uma distância entre a formação desses profissionais e a formação dos demais profissionais de nível superior, limitando as possibilidades de lhes atribuir um papel de maior elaboração e criação. Essa limitação fez com que esses profissionais tivessem sua identidade estigmatizada e fossem classificados como técnicos de nível superior, um pouco acima dos técnicos de nível médio e abaixo dos graduados nos cursos superiores tradicionais.

Os cursos de engenharia de operação começam a ser extintos a partir de 1974 ou 1975 e, em 1979, há uma deliberação que proíbe novos vestibulares. Desde então, são adotadas uma série de medidas no campo legal que visam à conversão desses cursos em cursos de graduação plena e, nesse espaço, surgem os cursos de engenharia industrial. Os cursos superiores de tecnologia continuam a ser ofertados e sofrem uma reação fortíssima das corporações e dos conselhos profissionais. Algumas dessas instituições, inclusive, ultrapassam o seu papel e trabalham fortemente contra a formação dos tecnólogos.

As iniciativas que conformaram a implantação e rápida existência da engenharia de operação no Brasil foram incapazes de fundamentar com maior propriedade a necessidade dessa formação com base em argumentos que ressaltassem o conteúdo e as características dos processos de produção. Os balizadores da criação desses cursos foram elementos de natureza muito mais quantitativa do que qualitativa. Assim, a pressa de formar recursos

humanos que sustentassem as elevadas taxas de crescimento econômico, ancoradas na industrialização, foi determinante para implantação desses cursos no País. Os aspectos qualitativos funcionaram apenas como um verniz, pois a organização da produção, ao “taylorizar” a força de trabalho, apontou um espaço intermediário entre o técnico de nível médio e o engenheiro, que poderia ser ocupado pelo engenheiro de operação.

No final de década de 1970, e início da década seguinte, há uma retração da oferta dos cursos superiores de tecnologia que, evidentemente, são matizados fortemente pelo preconceito associado aos cursos de educação profissional como um todo. Para simplificar, eu diria que esse tipo de preconceito perdura até hoje e resulta, em parte, de uma correlação de forças. De um lado, temos uma visão de política educacional extremamente funcionalista e tecnicista que está atrelada ao interesse de massificação da educação profissional, seja diante da expectativa de um processo contínuo e inesgotável de crescimento econômico, seja para desviar o foco e a pressão no que se refere ao aumento de vagas nas instituições públicas. De outro lado, temos as corporações profissionais atuando fortemente e desqualificando a perspectiva de que os tecnólogos pudessem, efetivamente, desempenhar um papel enquanto pessoas que construíram sua formação em nível superior.

Para encerrar essa parte, gostaria de ressaltar um marco que, do meu ponto de vista, é a ante-sala do que acontece na segunda metade da década de 1990. Trata-se da Lei no. 8.948/94, que instituí o Sistema Nacional de Educação Tecnológica. Eu diria que esta Lei dá densidade e confere importância à educação profissional e tecnológica. Este é um momento relevante porque reforça o espaço de representação da oferta dos cursos superiores de tecnologia. Além disso, a Lei no. 8.948/94 promove a constituição de novos centros de educação tecnológica e a transformação de várias escolas técnicas federais em centros federais de educação tecnológica.

De 1996 até os dias atuais

No final de 1996, é promulgada a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/96), que dedica um capítulo específico à Educação Profissional e Tecnológica (EPT). É importante dizer que parte do conteúdo deste capítulo da LDBEN já havia sido apresentado à sociedade, no início de 1996, por meio do Projeto de Lei 1.603, visava promover algumas alterações na EPT. O Projeto de Lei 1.603 não vai adiante e é arquivado. Na verdade, sua materialização se transfere para a regulamentação da lei 9.394/96 e, sobretudo, para alguns decretos do governo federal (especialmente para o Decreto no. 2.208/96). Na regulamentação da Educação Profissional, estabelece-se o nível tecnológico (equivalente aos cursos de graduação), onde se situam os cursos superiores de tecnologia.

É importante observar que, nesse momento, a concepção dos cursos superiores de tecnologia compõe um conjunto de alterações na Educação Profissional e Tecnológica que possui a marca da interferência dos organismos internacionais de financiamento. Esse processo é caracterizado pelo recuo dos investimentos públicos federais nesta modalidade educacional e, de certa forma, pelo restabelecimento de uma estrutura paralela para a EPT. Sem entrar no mérito desse processo notadamente conservador, o fato é que, a partir de 1999, há um expressivo crescimento dos cursos superiores de tecnologia no Brasil.

**Evolução dos cursos superiores de tecnologia
Brasil (1994 – 2004)**

Ano	Cursos	Δ%
1994	261	-
1995	241	- 7,7
1996	293	21,6
1998	258	-11,9
1999	317	22,9
2000	364	14,8
2001	447	22,8
2002	636	42,3
2003	1.142	79,6
2004	1.804	58,0

Fonte: MEC/Inep

A tabela acima mostra os dados do Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais (INEP), referentes aos cursos superiores de tecnológica no Brasil, no período de 1994 a 2004. Como eu disse, podemos constatar um processo de crescimento acelerado desses cursos a partir de 1999, chegando ao ponto de termos um aumento de quase 80% entre os anos de 2002 e 2003. Do meu ponto de vista, apesar desse crescimento, o Decreto no. 2.208/96 recuperava uma visão muito funcionalista e tecnicista da formação profissional e tecnológica. O processo de crescimento da oferta da EPT também se deve a uma simplificação da formação profissional com reflexo, evidentemente, nos cursos superiores de tecnologia.

A reforma da educação profissional levada a cabo pelo Governo Fernando Henrique Cardoso causou muita polêmica. O questionamento e a discussão em torno das concepções que fundamentaram a referida reforma foram fortes o suficiente para que, com a posse do novo Governo, houvesse um processo de revisão e de retomada do espaço da educação profissional numa perspectiva que valoriza a sua maior integração com os diversos níveis e modalidades de ensino.

A partir de 2003, as políticas emanadas do Ministério da Educação são direcionadas para recuperação do conceito de Educação Profissional integrada à Educação Básica e à Educação Superior. O Decreto no. 5.154/04 restabelece uma unidade entre o ensino técnico e o ensino médio, e entre o ensino tecnológico e o ensino superior. Além disso, essa legislação inova ao permitir a oferta integrada de cursos de qualificação profissional com o ensino fundamental, inclusive na modalidade de Educação de Jovens e Adultos. No caso do ensino tecnológico, as políticas do governo federal apontam para uma equivalência positiva entre as instituições que ministram cursos superiores de tecnologia e aquelas que ofertam cursos superiores tradicionais, sejam elas universidades, centros federais, faculdades tecnológicas, etc.

O Ministério da Educação (MEC) procura promover uma reorganização da oferta do ensino tecnológico no País e, no final de 2006, após um longo processo de discussão, publica o

Catálogo Nacional dos Cursos Superiores de Tecnologia. O catálogo propõe uma nova compreensão, concepção e organização dos cursos superiores de tecnologia. Durante a elaboração do documento, o MEC fez um levantamento que revelou a existência de 1.236 denominações diferentes para uma oferta de 3.548 cursos dessa natureza no Brasil. Do meu ponto de vista, isso denota o pouco rigor conceitual e pedagógico com relação à forma como esses cursos vinham sendo ofertados para a população.

Eu quero fazer a seguinte crítica sobre a situação dos cursos superiores de tecnologia. Na medida em que temos, de um lado, uma legislação frouxa, e, de outro, a falta de regulação pelo Estado, chega-se a um universo de cursos com qualidade bastante discutível. Isso, evidentemente, empobrece qualquer defesa que possa fazer em favor da natureza, do papel e da importância desses cursos.

O que podemos fazer? Eu entendo que o catálogo pode ser uma referência importante num processo de reorientação em direção a uma construção mais segura e mais adequada do papel do tecnólogo enquanto profissional de nível superior.

Considerações sobre a oferta dos cursos superiores de tecnologia no Brasil

Existe uma série de levantamentos e pesquisas sobre os cursos superiores de tecnologia no Brasil. Um dado interessante, sobretudo num país de dimensões continentais como o nosso, é a interiorização desses cursos no território nacional. Nós sabemos que, até recentemente, havia uma grande concentração da oferta do ensino superior nas capitais. De acordo com dados do INEP/MEC, com exceção da região Norte, todas as demais regiões do País apresentavam, em 2005, aproximadamente 39% da oferta dos cursos superiores de tecnologia em cidades do interior. Acredito que este é um fato extremamente positivo com relação à oferta desses cursos.

**Distribuição das matrículas dos cursos superiores de tecnologia
Brasil (1999)**

REGIÃO	Número	%
Norte	2.859	2,9%
Nordeste	6.932	7,1%
Sudeste	63.826	65,6%
Sul	19.182	19,7%
Centro-Oeste	4.450	4,6%
TOTAL	97.249	100%

Fonte: MEC/Inep: Censo da Educação Profissional
Elaboração: DIEESE

É importante destacar que, no entanto, há uma concentração extremamente acentuada da oferta nas regiões Sul e Sudeste. Os dados do *Censo da Educação Profissional* (1999) revelam que, de um universo de aproximadamente 98 mil matrículas, temos quase 64 mil matrículas apenas na região Sudeste. Juntas, as regiões Sul e Sudeste concentram mais de 85% das matrículas, o que demonstra a alto grau de contração de cursos e matrículas nestas regiões.

Os dados do *Censo da Educação Profissional* também mostram que o percentual de matrículas em cursos do setor serviços é de 71,9%, em cursos do setor industrial é de 27,5%, e em cursos do setor agropecuário é de apenas 0,6%. Paradoxalmente, as matrículas estão fortemente concentradas no setor de serviços. Isso se deve a quê? Será que essa é uma área com pouca densidade tecnológica e que, em função da incorporação de novas tecnologias, demandou profissionais com esse tipo de qualificação? Ou será que se trata de uma área que tem características que, na verdade, facilitam a oferta e a formulação de cursos superiores de tecnologia? Precisamos refletir um pouco mais sobre esta realidade.

Existem diferenças significativas com relação à oferta pública e privada. Na Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica, por exemplo, a oferta dos cursos superiores de tecnologia ocorre predominantemente no setor industrial (cerca 66%). Em contraposição, no setor privado temos 91,7% dos cursos no setor de serviços. Por outro lado, também ocorreu um crescimento elevado no número de matrículas na rede federal. Em 2001, as instituições da

rede federal tinham 12.564 matrículas em cursos superiores de tecnologia e, em 2006, o volume já havia aumentando mais de 100% e chegou a aproximadamente 32 mil matrículas.

Podemos observar uma predominância de estudantes do sexo masculino. No ano em que foi realizado o censo, tínhamos aproximadamente 67% dos estudantes do sexo masculino e 33% do sexo feminino. Com relação à faixa etária desses alunos, 78% tinham entre 20 e 39 anos. Provavelmente, são pessoas que tiveram, a partir da oferta dos cursos superiores de tecnologia, a oportunidade de retornar à escola e prosseguir seus estudos. Estamos falando, sobretudo, daquelas pessoas de baixa renda e que tiveram maiores dificuldades para progredir nos estudos na idade regular. Não por acaso, 65% das matrículas estão concentradas no ensino noturno. Isso é algo importante, pois devemos ampliar a oferta da Educação Superior para as pessoas que, por terem ingressado precocemente no mercado de trabalho, não teriam chances de enfrentar a estrutura e a organização curricular dos cursos diurnos.

Com relação à renda média dos alunos, gostaria de trazer um dado do *Anuário da Qualificação Social e Profissional 2006*, publicado pelo Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE). De acordo com a pesquisa, dos alunos matriculados nos cursos superiores de tecnologia das Faculdades de Tecnologia do Centro Paula Souza (no primeiro semestre de 2003), quase 70% são oriundos de famílias com renda total de até dez salários mínimos. Neste caso, estamos falando do Estado de São Paulo, mas, a partir dessa informação, podemos ter uma boa referência para imaginar o que acontece no restante do País. Ou seja, quem está buscando esses cursos, evidentemente, são estudantes de um extrato da população com menor renda familiar.

Algumas dificuldades enfrentadas pelos tecnólogos

Caminhando para o encerramento da minha apresentação, quero levantar algumas questões importantes que, de certa forma, denotam as dificuldades enfrentadas pelos tecnólogos. Por exemplo, a questão da regulamentação da profissão. Há um projeto de Lei do

deputado Aldo Rebelo que tem tramitado com dificuldades, desde 1994, em função dos fortes lobbies das corporações para evitar a regulamentação oficial da profissão de tecnólogo.

Outro ponto relevante é a questão da duração dos cursos superiores de tecnologia. Eu, particularmente, não gosto de cursos com menos de três anos de duração. Podemos adotar uma concepção que não seja limitadora, funcionalista e tecnicista, uma visão mais ampla da formação nesses cursos. Nesse sentido, ainda há um problema conceitual no que se refere à identidade dos cursos de formação de tecnólogos, especialmente em torno da discussão sobre a sua densidade tecnológica, que, de certa forma, define o seu papel na sociedade.

De acordo com Lucília Machado:

“É preciso considerar que a formação do tecnólogo também deverá ser direcionada para o campo da pesquisa e do desenvolvimento de projetos e para funções de direção, mais além que supervisão de setores especializados. Fundamentada no desenvolvimento do conhecimento tecnológico e em sintonia com a realidade do mundo do trabalho, a oferta dos cursos precisa articular as dimensões da ciência, natureza, cultura, trabalho e tecnologia”.

Uma questão sensível é o baixo percentual de tecnólogos com registro nos seus respectivos conselhos, o que é fundamental para o exercício da profissão. Estima-se que existam aproximadamente 35 mil tecnólogos no Rio de Janeiro e, no entanto, apenas 5 mil são registrados no CREA/RJ. A organização e a representação desses profissionais enquanto trabalhadores (na perspectiva da sindicalização) ainda é muito frágil. O Estado de São Paulo, por outro lado, tem uma estrutura e uma organização profissional muito mais avançada. Não por acaso, encontramos alguns números muito positivos sobre os tecnólogos quando estudamos este Estado.

Perspectivas para os cursos superiores de tecnologia

Quero reiterar que eu defendo o tecnólogo e acredito que existe um espaço para este profissional na sociedade brasileira. Milton Santos, geógrafo brasileiro, ao refletir a respeito do que considera ser o papel de todo cidadão que se reconhece sujeito de seu tempo, afirma que *“é preciso opor à crença de que se é pequeno, diante da enormidade do processo globalitário, a*

certeza de que podemos produzir as idéias que permitem mudar o mundo". Pensar o mundo hoje é pensar o seu chão, o seu espaço, atuando no seu pequeno território com uma arma inesgotável: o conhecimento.

Uma das justificativas mais sólidas, em se tratando da importância da formação do tecnólogo, diz respeito à contribuição que esses profissionais podem dar ao desenvolvimento local e regional. Durante muito tempo o “local” era tido apenas como o espaço de localização da produção e, por outro lado, o desenvolvimento era tido como algo exógeno, que se buscava trazer de fora para dentro. O conceito de desenvolvimento local surge a partir de reflexões que valorizam a idéia de que o desenvolvimento, sem prescindir da localização, tem a ver com agregar conhecimento às atividades tipicamente locais. A partir do conhecimento agregado e da pesquisa, podemos elevar as atividades produtivas locais a uma condição de maior produtividade e competitividade. Assim, sem empobrecer a sua construção, os cursos superiores de tecnologia podem ter recortes que contribuam para o desenvolvimento local e regional.

Gostaria de ressaltar algumas perspectivas da chamada “nova economia”. O conceito de nova economia, muito explorado pelo professor Márcio Pochmann, está relacionado com a diversificação das atividades econômicas, a incorporação das inovações tecnológicas e as mudanças de paradigmas do uso da força do trabalho. É importante perceber que, neste cenário, existem lacunas de profissões e de atividades que, ao longo da história, foram muito refratárias à incorporação de tecnologia.

Podemos citar, por exemplo, a área de produção cultural e artes, que é uma área que vem recebendo uma avalanche de conteúdo tecnológico. Existem lacunas até mesmo em algumas áreas que pareciam cobertas, como a eletrônica, a medicina, agricultura e a própria biotecnologia. Do meu ponto de vista, temos um espaço enorme de possibilidades que justificam a formação e a oferta de cursos superiores de tecnologia.

Também temos alguns fatos de natureza conjuntural. A expansão da Educação Profissional e Tecnológica gerou uma forte demanda por professores que possam atuar com esta modalidade educacional. Por outro lado, a retomada do crescimento econômico também gerou um espaço enorme para a atuação dos tecnólogos. No Rio de Janeiro, por exemplo, existem estimativas de que os investimentos na área de petroquímica vão gerar aproximadamente 150 mil postos de trabalho. Os estudos realizados revelam que, deste total, cerca de 20 mil vagas poderão ser ocupadas por tecnólogos.

Por outro lado, temos a elevação da demanda por formação superior a partir da ampliação dos concluintes do ensino médio. Neste ponto, eu quero chamar a atenção para a importância de elevar a renda da população pobre a partir de sua inserção em atividades produtivas que requerem formação superior e que, via de regra, remuneram mais.

Como vimos anteriormente, estima-se que as matrículas nos cursos superiores de tecnologia concentram-se em estudantes das menores faixas de renda. O estudo realizado pelo DIEESE faz uma comparação entre a situação dos trabalhadores antes e depois do curso e mostra claramente o aumento da empregabilidade e a elevação da renda dos tecnólogos em decorrência da melhoria na sua formação.

Quero encerrar a minha apresentação dizendo que nós, sobretudo os educadores, precisamos enfrentar esse tema de forma consistente. É claro que existem pontos que precisam ser trabalhados numa perspectiva de melhoria dos cursos superiores de tecnologia. Mas não é razoável aceitar um debate que não considere as questões de conteúdo e determine uma série de dificuldades para a inserção desses profissionais na sociedade.

Podemos citar o exemplo da Petrobrás e de outras empresas no Rio de Janeiro que ainda não reconhecem a formação dos tecnólogos. Nós temos lutado fortemente por este reconhecimento e pela absorção desses profissionais nas empresas. A situação é paradoxal, pois, muitas vezes, quando esses profissionais concorrem nos processos seletivos das empresas, eles apresentam ótimos projetos, são bem avaliados e obtêm uma ótima

classificação. Então, como é que se explica a rejeição das empresas? Só tenho uma palavra: preconceito. E isso nós não podemos aceitar.

Metodologia de Projetos

Fernando Leme¹⁰

Eu quero agradecer ao Conselheiro Paulo Barone e ao Conselheiro Antônio Ibañez pela ousadia de convidar um representante da iniciativa privada para falar num evento promovido pelo Conselho Nacional de Educação (CNE). Isto não é uma coisa muito comum e, portanto, vou tentar fazer a minha apresentação da melhor maneira possível.

Tem sido uma grande batalha passar para as pessoas que os cursos de formação de tecnólogos são cursos superiores, que não devem ser tratados como cursos intermediários, de segunda linha ou de curta duração. A Associação Nacional de Educação Tecnológica (ANET) vem fazendo um trabalho muito grande para desenvolver esses cursos, que constituem uma modalidade da Educação Superior extremamente significativa para o desenvolvimento da Nação.

A ANET tem uma relação muito boa com o Conselho Nacional dos Dirigentes dos Centros Federais de Educação Tecnológica (CONCEFET). A apresentação do professor Luiz Caldas, atual presidente do CONCEFET, conta um pouco da saga dos cursos superiores de tecnologia no Brasil. Nós também temos os dados da pesquisa que o prof. Luiz Caldas citou em sua apresentação e, inclusive, eu tenho dados semelhantes da Faculdade de Tecnologia Prof. Luiz Rosa, da qual sou diretor.

Os dados disponíveis corroboram que os alunos dos cursos tecnológicos conseguem um índice de empregabilidade muito alto e que eles têm uma elevação salarial ao longo do desenvolvimento do curso. Os resultados alcançados pelos tecnólogos no mercado de trabalho

¹⁰ Doutor em Educação pela PUC-SP, Mestre em Educação pela Unicamp, Licenciado em Matemática pela PUC de Campinas, Licenciado em Física pela PUC de Campinas, Licenciado em Pedagogia pela Associação Padre Anchieta de Jundiaí. É presidente da ANET - Associação Nacional da Educação Tecnológica, sócio diretor da Faculdade de Tecnologia Prof. Luiz Rosa, consultor da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, ex-presidente do Conselho Municipal de Educação de Jundiaí e membro da Congregação da Faculdade de Medicina de Jundiaí.

se contrapõem a situação de muitos cursos superiores tradicionais que, por serem profissões clássicas, possuem perspectivas de mercado cada vez mais sombrias. No entanto, muitas pessoas não vêem com bons olhos o desenvolvimento da educação profissional, que sempre foi o patinho feio da educação.

Eu tenho uma relação de amor e ódio com a academia e sou muito crítico ao academicismo que, muitas vezes, se contrapõe ao pragmatismo necessário para se fazer alguma coisa. No entanto, vocês vão notar que, no meu discurso, sou traído por minha formação acadêmica e por minha convivência com a academia. Desse modo, às vezes, eu cito determinados autores e teorias de forma quase inconsciente.

Não sou um conferencista. Sou um professor e, ultimamente, tenho atuado em cursos de pós-graduação ensinando didática de ensino superior. Em minhas aulas, uso os princípios da assimetria invertida, da Guiomar de Mello, pois seria um absurdo ser um professor de didática que não tem didática nenhuma. Então, eu tento fazer o possível para que as minhas atividades docentes sejam pontudas por um conjunto de procedimentos didáticos.

Por outro lado, não costumo utilizar recursos tecnológicos em minhas apresentações. Não sou contra o uso da tecnologia, pelo contrário, acho que ela nos ajuda muito. No entanto, sou contra o mau uso da tecnologia, como, por exemplo, colocar uma porção de coisas projetadas na tela e ficar lendo o conteúdo para os ouvintes. Além disso, acho muito cansativo que as pessoas fiquem olhando para a apresentação e lendo aquilo que eu estou falando. Eu sempre brinco falando o seguinte: “- Se você vai colocar na lousa, me entrega que depois eu leio em casa com calma”.

A Associação Nacional de Educação Tecnológica (ANET) reúne as faculdades de tecnologia mantidas pela iniciativa privada. A ANET é uma entidade que surgiu com a finalidade construir, ou reconstruir, os cursos de tecnologia, antes mesmo que estes cursos recebessem o forte impulso que ocorreu a partir dos anos 1990.

A relação da ANET com os Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFETs) foi estabelecida de uma maneira muito interessante, porque, tanto nós como o setor público, não sabíamos exatamente como construir os novos cursos de tecnologia. Neste sentido, trabalhamos insistentemente com alguns CEFETs (especialmente com os CEFET's da Paraíba, de Santa Catarina e do Paraná) e construímos cursos quase idênticos, pois eram cursos que todos estavam tentando desenvolver. Fizemos muitas visitas aos CEFET's para ver como determinados cursos estavam sendo concebidos e colocados em prática.

Quando os nossos cursos começaram a ser autorizados, invariavelmente, era o pessoal dos CEFETs que vinha fazer a avaliação. Nestas ocasiões, vivenciávamos um clima extremamente agradável e amistoso como um grupo de pessoas pesquisando qual era a melhor forma de se fazer aquilo. Desde então, as nossas relações se fortaleceram continuamente. Hoje, mantemos uma relação muito próxima e conversamos bastante com diversos CEFET's e com o CONCEFET.

Nessa saga, eu andei pelo Brasil afora fazendo muitas palestras, inclusive em CEFETs, para explicar o que era um curso tecnológico e convencer as pessoas de que se tratava de um curso superior. Acho que a minha opinião representava certo tipo de parecer externo e, com isto, eu convalidava um pouco a imagem dos cursos superiores de tecnologia. Hoje eu fico muito feliz de ver o resultado desse trabalho. Eu costumo receber convites para fazer aulas inaugurais ou para ser patrono de turmas de faculdades onde estive anteriormente. Estas faculdades hoje têm o reconhecimento social de que seus cursos de tecnologia são, efetivamente, cursos de ensino superior.

O principal ponto a ser destacado é a diferença entre a graduação tecnológica e os bacharelados e licenciaturas. Isso é uma coisa que nem todo mundo percebe ou entende. Até mesmo os avaliadores do MEC, e o pessoal do Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais (INEP), não sabem diferenciar corretamente o curso tecnológico dos demais cursos superiores.

Eu tenho um artigo, que deve ser publicado pelo INEP, no qual eu chamo atenção para a matriz deformadora do ensino superior brasileiro. Eu vejo determinadas características dessa matriz deformadora especialmente nos bacharelados.

O curso tecnológico, por outro lado, tem características próprias. Ele deve ter foco no mercado, ser eminentemente pragmático e contar com professores com experiência de mercado. Neste tipo de curso não se pode trabalhar com professores que venham exclusivamente da área acadêmica. O professor sem experiência de mercado, ainda que excepcionalmente titulado, será invariavelmente engolido pelo aluno que está inserido no mercado. Especialmente, é preciso ter a habilidade de incorporar dentro da escola os saberes produzidos fora da escola.

O tema básico da minha apresentação é a utilização da metodologia de projetos. Quero mostrar como uma pequena instituição, com poucos alunos, consegue fazer pesquisa usando a metodologia de projetos, o que nem todo mundo entende.

Não é fácil fazer uma proposta inovadora na escola. Na maioria das vezes, tromba-se com o senso comum, que espera uma atitude rotineira da escola, do professor e do aluno. Quando fazemos uma proposta inovadora, temos que enfrentar todo o sistema de avaliação que não consegue perceber que existe um processo de mudança de paradigma. Quando ocorre este processo, um paradigma não é simplesmente substituído por outro, existe um período de transição paradigmática, no qual precisamos conviver com o espírito de mudança.

A introdução de um novo paradigma é difícil porque é duro jogar fora as coisas velhas. Ou seja, absorver coisas novas até que é fácil, o difícil é jogar fora o que aprendemos anteriormente. O conceito tradicional de escola é uma coisa extremamente arraigada na sociedade. Quando queremos promover mudanças neste conceito, precisamos estar muito bem fundamentados, e com uma vontade muito grande, para que as mudanças efetivamente ocorram.

Os cursos de tecnologia não podem ser inseridos no mercado do mesmo jeito que os outros cursos são colocados. Antes de ofertar um curso de tecnologia, precisamos saber qual o perfil de egresso que determinado mercado precisa, como é a estrutura deste mercado e como ele está funcionando. Neste aspecto, encontramos uma dificuldade muito grande, pois, se as faculdades de tecnologia não tiverem um mínimo de autonomia, elas não terão condições de competir com os grandes conglomerados educacionais. Estes conglomerados abrem o número de cursos que eles querem, do jeito que querem e na hora que querem. Por outro lado, as faculdades de tecnologia têm que esperar cerca de dois anos para terem seus cursos autorizados, correndo o risco de não mais existir a demanda de mercado que orientou a criação dos cursos.

A idéia do Catálogo dos Cursos Superiores de Tecnologia, proposto pelo Ministério da Educação, é muito boa. Eu mesmo ajudei e apoiei a criação catálogo. No entanto, eu tenho dúvidas quanto à forma como ele está sendo aplicado. Será que o catálogo precisa ser tão rigoroso? O catálogo prevê a criação de cursos experimentais, mas não estamos usando esta possibilidade. Por que não? Por que as faculdades de tecnologia têm que adaptar os seus cursos ao que está estabelecido no catálogo e as universidades não?

Vou dizer com clareza o que pode acontecer. Uma faculdade abre diversos cursos de tecnologia, o que der certo ela toca para frente, o que não der certo ela fecha. Neste caso, estando o curso de sucesso de acordo com o catálogo, ou não, mantém-se a nomenclatura definida no catálogo. Na pior das hipóteses, o MEC reconhece o curso para fins de expedição de diploma e exige o seu fechamento. Então, a faculdade fecha o curso e abre outro igualzinho no dia seguinte.

As faculdades precisam ter alguma autonomia. Não queremos autonomia total e não queremos encher as escolas de alunos. Queremos ter uma autonomia mínima para poder transformar alguns cursos, que já atenderam suas demandas de mercado, em outros cursos,

sem passar pela enorme burocracia do MEC. Algumas instituições de excelente qualidade estão tendo uma dificuldade gigantesca para abrir seus cursos de tecnologia. Se as coisas continuarem assim, vamos demorar um tempo enorme para conseguir.

Estamos pedindo ao Ministério justamente o que ele prega: “As escolas que demonstram sua qualidade têm que ter algum tipo de benefício para oferecer os seus serviços em relação aquelas que não apresentam o mesmo tipo de desempenho”. Isto é fácil de medir, de ver e de avaliar. O difícil é trabalhar em condições de desigualdade num mercado que muda com uma velocidade assustadora.

Um dos obstáculos ao desenvolvimento tecnológico é a nossa capacidade de absorver e lidar com novas tecnologias. Ao propor cursos voltados para a formação na área de tecnologia, temos que ter consciência de que o tempo necessário para se adaptar ao uso de novas tecnologias vem reduzindo progressivamente. Desse modo, os cursos devem ser constituídos com extrema velocidade, para que eles possam, efetivamente, produzir os resultados desejados. As exigências do mercado são cada vez maiores e elas não estão relacionadas apenas com o conteúdo que é transmitido aos alunos. Este talvez seja o grande problema das mudanças no campo educacional, por isso, temos que entender melhor como se dá o processo educativo.

Não podemos mais pensar o processo educativo apenas em termos de transmissão/recepção de informação e conhecimento. Como descreve Maturana, o conhecimento é auto-poético, ele é construído de dentro para fora. Não importa o que o professor faça, cada aluno constrói o seu conhecimento de forma relativamente autônoma, independente da participação do professor ou do meio no qual está inserido. É claro que o meio é estimulante e que o professor tem um papel muito relevante. Mas a construção do conhecimento é individual e absolutamente caótica. Geralmente, o professor não tem nenhum controle sobre

isto e tudo o que ele pode fazer é propiciar as melhores condições possíveis para que cada aluno construa o seu conhecimento.

Devemos criar mecanismos inovadores que incentivem o processo de autoconstrução do conhecimento pelos alunos. Eu tenho usado muito o termo “ensinagem”, que é trabalhado, entre outros autores, por Léa Anastasiou. Sob o enfoque deste conceito, o problema da educação não está circunscrito no ensino ou na aprendizagem, e sim na relação entre ensino e aprendizagem (denominada “ensinagem”). Neste sentido, não importa apenas o que o professor ensina, mas também aquilo que o aluno é capaz de aprender. A escola tradicional não se preocupa com isso e, na maioria dos casos, ela acha que não tem essa responsabilidade: “- Eu ensino e vocês aprendem”. Ao contrário, o professor da escola contemporânea tem total responsabilidade pelo processo de “ensinagem”. Essa postura é indispensável na formação dos tecnólogos, especialmente porque os tecnólogos têm que juntar o saber e o saber fazer.

Ensinar ao aluno apenas o saber, desconectado do saber fazer, é mais ou menos o que o desassistido ensino médio faz hoje. Durante três anos, o aluno aprende um monte de coisas inúteis que servem apenas para passar no vestibular. Depois que ele fez a prova, esquece tudo o que aprendeu. Dessa forma, o ensino médio, que deveria ser a etapa de conclusão da educação básica, perdeu a sua função. Por outro lado, de que adianta entrar numa universidade pública para fazer um curso superior clássico? O aluno não paga pelo curso, mas o que ele vai fazer com a formação obtida?

Durante o simpósio, várias pessoas criticaram o fato de que tem muita gente que faz um curso tradicional (como direito, engenharia ou administração) e que depois se direciona para outras áreas de atuação. As pessoas fazem o curso sem muito compromisso. Enquanto eles não sabem o que fazer, escolhem um curso de passagem. A maior parte não pretende ser

advogado, administrador ou engenheiro. Eles fazem um curso genérico e depois escolhem outra área de atuação profissional. Isso, geralmente, não ocorre com os cursos de tecnologia.

Vou aproveitar e me contrapor à idéia de regulamentação da profissão de tecnólogo, defendida pelo Sindicato dos Tecnólogos. Do meu ponto de vista, tecnólogo não é profissão e, por isso, não deve ser regulamentado. Se isso vier a ocorrer, vai ser uma grande limitação. Às vezes, é difícil convencer as pessoas de que a atuação tecnólogo, enquanto profissional que se insere no mercado de trabalho, é uma coisa que se espalha por diversas áreas. Portanto, não pode existir uma regulamentação que defina a profissão do tecnólogo, pois, na verdade, os cursos de tecnologia formam vários tipos de profissionais. Eu costumo dizer que esses profissionais só vão conquistar o devido respeito na medida em que ganharem escala de mercado.

Por que não precisamos mais dizer que as instituições são faculdades de tecnologia? Porque já existe uma grande quantidade de tecnólogos formados. Por que muitas instituições universitárias hoje aceitam tecnólogos em seus cursos pós-graduação? Porque temos um volume razoável de bons tecnólogos no mercado, que são muito bem avaliados nos exames de seleção dos cursos de pós-graduação. Atualmente, temos escala e isto faz toda diferença. Por outro lado, a maior parte das empresas hoje aceita os tecnólogos. Temos algumas exceções, como o caso da Petrobrás, mas essa é uma posição específica dela. Desse modo, os tecnólogos só conseguiram ter maior acesso ao mercado e às instituições universitárias porque a quantidade de tecnólogos atuando atualmente no mercado é significativamente maior do que no passado.

Um dos grandes problemas que enfrentamos atualmente é que existem instituições que oferecem cursos de curta duração e os chamam de cursos de tecnologia. Infelizmente, existe uma grande quantidade de escolas que utiliza o recorte do bacharelado, reduz o tempo de formação, tira algumas disciplinas e chama isso de curso de tecnologia. Um curso de

tecnologia, ao contrário, deve formar um profissional com características específicas. Não é a duração do curso que define se a instituição está fazendo, ou não, um curso de tecnologia. O curso de tecnologia não é um bacharelado de curta duração. Foi exatamente esse tipo de enfoque que comprometeu os cursos de tecnologia no passado e fez com eles fossem classificados como cursos intermediários e de segundo nível.

A Faculdade de Tecnologia Prof. Luiz Rosa, da qual sou diretor, tem noventa anos e trabalha com educação profissional desde 1927. Com a implantação dos cursos superiores de tecnologia, a instituição teve a preocupação de formar pessoas realmente preparadas para atender às expectativas do mercado e às demandas de desenvolvimento tecnológico. Nós estávamos preocupados, fundamentalmente, com a empregabilidade e com a recepção do mercado.

A idéia de que o mercado sabe exatamente o que quer não é verdadeira. Quando perguntamos para um empresário qual o perfil de profissional que a empresa dele precisa, ele diz diversas coisas ao mesmo tempo e, após filtrarmos o conteúdo da sua fala, percebemos que ele não tem muita noção sobre as questões de formação profissional. Geralmente, ele mistura questões de atitude com questões de conteúdo: “- Eu preciso de alguém que saiba fazer isto, mas que também saiba trabalhar em grupo”. Já ouvi o seguinte de alguns empresários: “- Eu preciso de uma pessoa que seja séria, honesta”. Qual disciplina poderia ensinar seriedade e honestidade para os alunos? Talvez ética, não sei ao certo. Enfim, após muitas conversas, ficou muito clara a necessidade de promover uma maior aproximação com as empresas.

A partir desse diagnóstico, colocamos para os nossos professores a necessidade de formar pessoas mais capacitadas para enfrentar os desafios do mercado, tanto do ponto de vista do conteúdo, quanto dos aspectos relacionados com as atitudes no ambiente de trabalho. Então, começamos a trabalhar com uma metodologia desenvolvida pelos espanhóis,

a *investigación-acción*, conhecida no Brasil como pesquisa-ação. Esta metodologia já é empregada no Brasil há alguns anos e teve um grande desenvolvimento a partir do trabalho de Antonio Latorre, da Universidade de Barcelona, que a aplicou na melhoria da prática docente.

A idéia principal era esta: como podemos melhorar a prática docente? Reunidos com professores e coordenadores, começamos a estudar as possibilidades. Na época, já tínhamos o que chamávamos de projeto interdisciplinar, no qual procurávamos juntar disciplinas e áreas diferentes. Este trabalho evoluiu para o que nós chamamos de projeto integrador.

O primeiro passo do projeto era o levantamento dos problemas identificados pelos alunos. Os alunos que já tinham uma experiência profissional, muitas vezes, traziam os problemas que eles observavam nas próprias empresas. Então, tentávamos discutir esses problemas e criar um projeto integrador para solucioná-los, juntando professores e alunos de diferentes áreas e cursos, para que eles pudessem participar de uma atividade conjunta. Esta atividade era orientada por um coordenador e, de preferência, contava com algum tipo de parceria com uma empresa, normalmente com a empresa que tinha o problema identificado no projeto. Com isso, conseguimos realizar uma atividade prática que aproximava os nossos alunos da realidade do mercado, e na qual eles também desenvolviam todo um trabalho de estudo e pesquisa.

Com o desenvolvimento dos projetos, sentimos a necessidade de sistematizar melhor esse processo, para que ele fosse realizado de uma maneira mais organizada. Ao mesmo tempo, não podíamos abrir mão da questão do rigor científico. Os alunos tinham que ter consciência de que eles estavam fazendo uma pesquisa, que eles deveriam registrar tudo de forma acadêmica, preparar uma apresentação e fazer um trabalho que seria entregue no final do projeto. Os projetos integradores começaram a ser desenvolvidos, inclusive, para substituir os trabalhos de conclusão de curso. Percebemos que, embora fosse feito por um grupo de alunos, este tipo de projeto era muito mais rico que o trabalho de conclusão de curso. Assim,

os alunos tiveram que roteirizar e escrever o projeto como um trabalho acadêmico, com apresentação, objetivos, revisão de literatura, hipóteses, desenvolvimento da pesquisa, conclusões e bibliografia.

No início, foi uma grande dificuldade implementar esse tipo de projeto, porque trombamos com o senso comum. Por um lado, os professores resistiam à idéia de que eles estavam trabalhando com alguma coisa sobre a qual eles não tinham todo o controle. Por outro lado, os alunos tinham uma dificuldade muito grande, porque eles tinham que trabalhar de forma relativamente autônoma e estavam habituados com aquela posição de aprendizado passivo, na qual o aluno fica sentado esperando que o professor lhe ensine algo. Esta postura teve que mudar, porque eles precisavam produzir novos conhecimentos.

Aos poucos, nós fomos vencendo todas essas resistências do senso comum. As próprias empresas começaram a nos procurar para resolver os seus problemas e, de repente, percebemos que estávamos fazendo pesquisa e que esse tipo de projeto era uma consultoria de bom nível e barata. É dessa forma que uma pequena instituição pode fazer pesquisa. Isso acontece porque vamos ao mercado, identificamos um problema, trazemos este problema para dentro da instituição, discutimos o problema, trabalhamos com diferentes áreas e com o suporte de vários professores e alunos e, finalmente, apresentamos as soluções para as empresas. É importante ressaltar que parte das empresas contrata os alunos para desenvolver os projetos que eles estruturaram.

Foi isso que nós chamamos de metodologia de projetos, porque ela foi construída dentro desta linha cíclica e recursiva proposta pela pesquisa-ação. Nesta abordagem, identificamos um problema, estudamos esse problema, propomos soluções, implementamos as soluções propostas e avaliamos os resultados. Depois, volta-se para o começo, pois o processo gera a identificação de novos problemas que precisam ser resolvidos. Este processo cíclico e recursivo faz com que surjam novos projetos permanentemente. O sucesso alcançado

pelos projetos integradores fez com que constituíssemos um escritório de projetos, que trabalha com problemas que vêm de fora da instituição. Os projetos sempre envolvem um grupo de alunos e podem ter de seis meses a dois anos de duração, ou seja, o tempo que for necessário.

Vou dar um exemplo recente. Uma empresa que cresceu muito, e hoje é um grande pólo logístico, precisava construir uma *warehouse*. Ao invés de contratar uma consultoria, a empresa nos contratou. Atualmente, temos um grupo de trinta alunos trabalhando exclusivamente no desenvolvimento deste projeto, que visa construir um centro de distribuição para essa empresa. Eles estão visitando todas as unidades de produção da empresa e identificando seus mecanismos de distribuição. O objetivo é estabelecer o melhor lugar para a instalação do centro de distribuição, seu tamanho, sua capacidade e como ele será operado. Existe uma grande probabilidade de que muitos desses alunos sejam contratados pela empresa para trabalhar no próprio projeto que eles estão construindo.

São essas as características do escritório de projetos, que surgiu a partir dos projetos integradores. Como é que isso se encaixa na organização dos cursos? Neste aspecto, podemos observar as dificuldades enfrentadas por uma proposta inovadora. Nós precisávamos de tempo para desenvolver os projetos integradores e, por isso, criamos uma estrutura composta por três aulas regulares e uma quarta aula dedicada exclusivamente ao escritório de projetos.

Vou narrar um diálogo típico quando chega alguém para avaliar o nosso curso. A primeira coisa que me perguntam é: “- Como? Você não tem a quarta aula?”. “- Tenho, chama escritório de projetos.” “- Quem assiste a essa aula?”. “- Os alunos que têm alguma coisa para discutir com seu respectivo orientador.” “- Como é que você registra isso?”. “- Como escritório de projetos”. “- E como é que funciona? Não tem conteúdo específico?”. “- Tem, o conteúdo é o projeto que os alunos estão desenvolvendo. Não é uma aula comum, em que os alunos ficam sentados ouvindo o professor falar, é uma aula na qual os alunos se reúnem em grupos para

discutir o projeto com seus orientadores”. “- E se naquele dia não tiver nenhum problema para discutir com orientador, o que eles fazem?”. “- Eles vão embora.” “- Ah, e você põe falta?”.

Propostas inovadoras são extremamente difíceis. Nós temos o cuidado de registrar tudo e de mostrar o número de horas que correspondem ao tempo de efetivo trabalho escolar. Recentemente, eu ouvi o professor Paulo Barone falar sobre isto, pois o CNE tem um parecer que diz que o importante é o tempo de efetivo trabalho escolar. Dessa forma, nos conseguimos mostrar quantas horas os alunos trabalham num projeto desses e, certamente, é um número muito maior do que o número de horas que eles gastariam em sala de aula.

A linha básica do escritório de projetos é essa. As perspectivas da utilização dessa metodologia para a formação dos tecnólogos são muito significativas. Os resultados alcançados pelos alunos no mercado são extremamente satisfatórios. O aluno que sai do curso com a capacidade de elaborar e desenvolver um projeto como esse tem um grande diferencial no mercado. Os alunos adquirem uma importante vivência e uma grande capacidade de trabalho, pois, nesses projetos, também desenvolvemos os aspectos relacionados com as atitudes e o comportamento no ambiente de trabalho. Todo o processo é presidido por uma visão transdisciplinar, que se insere no chamado pensamento complexo e no paradigma ecossistêmico (que trabalha todo o processo educativo, e não apenas a transmissão de informação).

Ao trabalharmos com as atitudes e os comportamentos do aluno, ele aprende a trabalhar em equipe, a respeitar a hierarquia, a distinguir os problemas, a buscar soluções, a enfrentar as dificuldades, a ser criativo e pró-ativo. São coisas que não conseguimos inserir em nenhuma disciplina e que são trabalhadas com facilidade no escritório de projetos. Fundamentalmente, é assim que uma pequena instituição consegue fazer pesquisa aplicada sem custo, formar seus alunos de maneira extremamente eficaz, e dotá-los de habilidades e

competências necessárias para que eles possam enfrentar o mercado de trabalho. É justamente isso que todos buscam nos cursos superiores de tecnologia.