



A ENGENHARIA FÍSICA NA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA REGIONAL

José M. Pova - povoa@df.ufscar.br

Fernando M. Araújo-Moreira - faraujo@df.ufscar.br

Departamento de Física – Universidade Federal de São Carlos

Caixa Postal 676 - São Carlos SP - 13565-905 - Brasil

***Resumo** - Teve início em 2000, o curso de Engenharia Física da UFSCar. Um dos principais objetivos desse curso é formar multi-especialistas com ampla preparação nas áreas de aplicação da física moderna, capacitando-os a trabalhar nas diversas áreas das ciências aplicadas e da tecnologia moderna. A cidade de São Carlos, localizada no centro do estado de São Paulo, é conhecida como a Capital da Tecnologia. Na sua região atuam diversas universidades e centros de pesquisa que, associados a um fortíssimo parque industrial formado por mais de mil empresas, se constitui no ambiente ideal para desenvolver o embrião do primeiro curso de Engenharia Física do Brasil. Neste ambiente, os nossos alunos estão tendo uma ampla aceitação, como estagiários e como participantes de projetos de iniciação científica, estando aproximadamente 50% deles envolvidos em programas desse tipo. Neste trabalho descrevemos e analisamos as formas de interação desses futuros profissionais assim como a sua relevância para a inovação tecnológica regional e nacional. Apresentamos também alguns resultados da interação dos nossos alunos com as empresas participantes do I Simpósio Brasileiro de Engenharia Física, realizado na UFSCar em agosto de 2002.*

***Palavras-chave:** Engenharia Física , Inovação Tecnológica, UFSCar*



1. INTRODUÇÃO

O extraordinário desenvolvimento que experimentou a Física no século XX deu origem às diversas divisões que constituem a chamada Física Moderna, formada basicamente pelas disciplinas Relatividade, Mecânica Quântica, Física Atômica e Molecular, Física Nuclear, Física da Matéria Condensada, entre outras.

Porém, foi somente a partir da segunda metade do século XX que foram feitas as principais descobertas e invenções que resultam nas aplicações destas ciências. Assim, foram desenvolvidos: o laser, o transistor, os reatores para obter eletricidade a partir de energia nuclear, a microeletrônica, e diversas aplicações da supercondutividade e dos radioisótopos, entre muitas outras. Análise feita por especialistas apontam que 80% dos produtos consumidos até o ano de 2000, foram inventados nos últimos 50 anos, e que em 2010, 50% dos produtos de consumo terão sido inventados nos 10 anos anteriores, Pirró Longo (1998). Prova disto é que já estão surgindo novas descobertas que darão origem a novas tecnologias as quais permitirão o desenvolvimento dos novos produtos de consumo.

Apesar do extraordinário avanço verificado em ciência e tecnologia nas últimas décadas, os próximos anos serão extremamente mais ativos – e produtivos – que os anteriores. Como exemplo dessa nova fase iniciada recentemente, mas ainda em pesquisa, podemos citar o caso da nanotecnologia. De acordo com matéria publicada recentemente no jornal Folha de São Paulo e de autoria do Prof. Rogério Cerqueira Leite (04/04/2003), espera-se que a revolução *nanotecnológica*, de caráter intrinsecamente *multidisciplinar*, gere um mercado de US\$1 trilhão por ano, já na próxima década. Assim, essa “*era da nanotecnologia*” promete ser mais intensa tecnologicamente do que a “*era da microeletrônica*”, baseada em dispositivos semicondutores. A globalização de empresas e mercados, associada às novas exigências de comércio e consumo em termos de qualidade e satisfação do cliente, levou ao aparecimento de processos e procedimentos de engenharia com alto conteúdo *inter* e *multidisciplinar*. Entretanto, um dos grandes obstáculos para essa nova era da engenharia, tem sido justamente a falta de pessoal adequado para enfrentar esse novo desafio, onde se valoriza o engenheiro *multiespecialista*, ao contrário do especialista. É neste novo contexto que implantamos em São Carlos, conhecida como a *Capital da Tecnologia*, o primeiro *Curso de Engenharia Física do Brasil*.

2. O CURSO DE ENGENHARIA FÍSICA DA UFSCar

A evolução da tecnologia e o aparecimento de problemas cada vez mais complexos e interdisciplinares devem ser, necessariamente, acompanhada de uma sólida formação, não somente em física e matemática, mas também em química, eletrônica, robótica, ciências dos materiais, biologia, computação, etc.

O *Curso de Engenharia Física* que implantamos na UFSCar tem como um de seus objetivos proporcionar aos alunos uma sólida formação teórica e experimental, nas áreas da Física Moderna, buscando desenvolver as qualidades de espírito crítico e rigor científico, estimulando a criatividade e o interesse pela inovação, promovendo uma formação única que os torne aptos, não só para a Pesquisa, mas também para o desenvolvimento e apoio tecnológico. Assim, o *Curso de Engenharia Física* visa formar engenheiros aptos a desempenhar funções em áreas de grande impacto tecnológico como, por exemplo, novos materiais, óptica, lasers, comunicações por fibra óptica, optoeletrônica, fotônica, geofísica, etc. Dessa maneira, podemos citar como possíveis áreas de atuação desse profissional: organizações com atividades que contenham um componente importante de Física Aplicada, como empresas tecnologicamente desenvolvidas, laboratórios de metrologia e controle de qualidade, institutos de pesquisa científica e tecnológica, hospitais com tecnologias modernas,

incluídas as micro e pequenas empresas de cunho tecnológico bastante importantes na região de influência da UFSCar. Certamente, a preparação que esse profissional adquire ao longo do seu curso de graduação, associada com a capacidade adquirida de aprender com (e para) os novos desafios que o mundo exigirá dos engenheiros do futuro, lhe permitirá atuar em muitas das novas áreas que surgirão devido ao avanço das novas tecnologias, como por exemplo, a área de nanotecnologia mencionada anteriormente.

3 . A REGIÃO DE SÃO CARLOS

O desenvolvimento científico e tecnológico do interior do Estado de São Paulo já se destaca no cenário nacional há varias décadas, onde várias universidades e centros de pesquisa têm se desenvolvido de maneira acelerada, em particular em Campinas (Unicamp, LNLS, CPqD, etc.) e em São Carlos (UFSCar, IFSC-USP, IQSC-USP, Embrapa, etc.). Nessas regiões também tem sido notável a integração que centros acadêmicos e de pesquisa alcançaram com as empresas e indústrias de alta tecnologia. Essa integração fez com que, já no final dos anos 70, se criasse em Campinas a *Companhia de Desenvolvimento Tecnológico* (Codetec), ligada à Unicamp, Simone Pallone (2001), e com o objetivo de desenvolver um estreito contato com a indústria. A idéia era estabelecer um parque científico, inspirado no exemplo da Universidade de Stanford, que combinasse os elementos facilitadores de uma incubadora - como a transferência de tecnologia da universidade para a empresa e os empreendimentos de capital de risco. A Universidade de Stanford, em 1937 estimulou os jovens graduados a continuarem o desenvolvimento de um equipamento eletrônico, com apoio de bolsa de estudo. Essa política incentivou os jovens a criarem uma das maiores empresas do mundo: a *Hewlet-Packard Company*. Da mesma maneira, a Codetec possibilitaria a comercialização de pesquisas desenvolvidas na universidade e viabilizaria novos negócios, baseados em tecnologia. A Codetec se converteria, assim, na primeira incubadora de empresas brasileira. Entretanto, devido a problemas operacionais, a Codetec não conseguiu atingir todos seus objetivos, mas conseguiu trazer contribuições importantes para a política de ciência e tecnologia do país.

Seguindo essa mesma iniciativa, foi fundado em 1982 sob a égide do CNPq, o *Programa de Tecnologia e Inovação*. Esta foi a primeira iniciativa governamental, de âmbito nacional, com o claro objetivo de estimular a ligação da universidade com as atividades empresariais. Uma das principais realizações do programa foi a implantação de treze Centros de Inovação Tecnológica pelo País. Em 1984, esse programa foi expandido através da adição do *Programa de Implantação de Parques Científicos*, com o projeto dos primeiros seis parques científicos e incubadoras de empresas. Desses, somente dois foram de fato implantados, sendo um deles o de São Carlos, que originou em 1988 a primeira incubadora de Empresas de Base Tecnológica do país: a *Fundação Parque de Alta Tecnologia – ParqTec* (pagina do Parqtec – www.parqtec.com.br). Vários outros projetos foram lançados no mesmo período, porém, sem participação formal no programa governamental. Essa Fundação já apoiou mais de 30 empreendimentos e tem por objetivo estimular a criação e consolidação de empresas a partir da transferência do conhecimento gerado nas universidades e centros de pesquisa locais. Este modelo de incubadora implantado em São Carlos serviu de exemplo para o Sebrae (*Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de São Paulo*) criar sua rede de 50 incubadoras de empresas no país.

Em 1995, teve início projeto de criação do São Carlos *Science Park*, com o objetivo de abrigar laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, além das empresas de base tecnológica. Nesse espaço será instalada uma nova incubadora com 64 módulos para empresas nascentes e o *Centro de Modernização Empresarial* (pagina do Parqtec – www.parqtec.com.br). Estão previstos, também, a construção de um centro de convenções, mostras e feiras, além de



prédios para finalidades múltiplas, destinados ao uso de empresas já consolidadas. O *São Carlos Science Park* contará, ainda, com um conjunto de lotes para as empresas de base tecnológica construírem suas instalações.

Dessa maneira, a região de São Carlos, dado o seu caráter tecnológico e inovador, foi o ambiente ideal para colocar à disposição um *engenheiro multiespecialista*, como é o engenheiro físico, hoje em formação, com forte aptidão para trabalhar nas diferentes áreas relacionadas com a alta tecnologia.

4 . INTEGRAÇÃO EMPRESA - ENGENHARIA FÍSICA

Em agosto de 2002, organizamos o primeiro evento de grande porte do Departamento de Física da UFScar, o *I Simpósio Brasileiro de Engenharia Física (I-SBEF)*. O mesmo, que abordou como tema central “*A absorção de novas tecnologias e os novos rumos da engenharia*”, teve como principal finalidade divulgar e discutir junto com a comunidade acadêmica e empresarial a profissão do engenheiro, com atenção ao engenheiro físico, e a sua atividade profissional nesses dois ambientes.

De acordo com o Dr. Carlos Henrique de Brito Cruz, físico e Reitor da Unicamp, e participante convidado do I-SBEF, a Universidade deve formar pessoal capaz de *criar conhecimento*, deve promover a pesquisa cooperativa com empresas através do apoio em pesquisa e desenvolvimento (P&D), e ainda se converter no berço de empresas nas áreas de Física, Engenharias, Biologia, etc.

Segundo o Dr. Ruy Quadros, também participante convidado do I-SBEF, professor livre docente da Unicamp e coordenador do *Grupo de Estudos em Empresas e Inovação (GEMPI)* do Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociência (DPCT/IG), é consenso que no Brasil, tanto a nível governamental quanto empresarial - a sua posição desfavorável no comércio de bens e serviços intensivos em tecnologia. O governo brasileiro, recentemente sinalizou que considera altamente estratégica a mudança no perfil da inserção comercial brasileira, de modo que as exportações tenham, substancialmente, maior peso de manufaturados e serviços intensivos, através do aumento do valor agregado em termos de conhecimento. Entretanto, a viabilidade dessa mudança requer das empresas um enorme salto no esforço empregado em P&D, e requerem, simultaneamente, do governo uma atuação mais incisiva e coordenada integrado ambas à política industrial.

Para a implementação desse desafio, o Dr. Quadros aponta a necessidade de se reduzir o *déficit* no comércio de produtos industriais intensivos e tecnologia. Os segmentos mais críticos, que apresentam maior déficit real e potencial, são os que produzem as tecnologias de informação e comunicação - equipamentos de telecomunicação, de informática, de automação e instrumentação, componentes eletrônicos - e os segmentos produtores de insumos químicos e farmacêuticos. Por outro lado, tem sido muito rápido e significativo o crescimento do *déficit* no fluxo de pagamentos de serviços relacionados a contratos de transferência de tecnologia. Em ambos os casos, as possibilidades de mudança de curso no futuro dependem de ações sincronizadas entre as empresas e o governo. Em relação aos produtos industrializados com alto conteúdo tecnológico, os setores mais críticos são controlados, em maior ou menor grau, por empresas estrangeiras multinacionais. Isso significa dizer que a produção local desses bens é uma decisão que diz respeito a investimentos e estratégias comerciais de multinacionais. A possibilidade de multinacionais produzirem e exportarem a partir do Brasil decorre diretamente de decisões que levem à especialização global da operação (subsidiária) brasileira em determinadas linhas de produto, de modo que ela se integre num projeto de divisão global de trabalho, na qual as subsidiárias participantes auferem ganhos de escala (por exemplo, isso já ocorre em grande medida no setor automotivo brasileiro).

De acordo com a análise do Dr. Quadros, um dos atrativos para que multinacionais tomem a decisão de incluir um país na sua rede global de produção e comércio é o que esse país hospedeiro tem a oferecer em P&D, especialmente as atividades de desenvolvimento de produto. Isto está claramente relacionado com a existência de mão-de-obra altamente qualificada, em particular, de engenheiros. Por exemplo, a decisão de empresas com atividades claramente multidisciplinares tais como Motorola, Ericsson, Siemens e Nokia de produzir e exportar equipamentos de telefonia a partir do Brasil, estiveram estreitamente associada à decisão de também desenvolver aqui a engenharia desses produtos. O fato de a GM do Brasil ser capaz de produzir plataformas inteiramente "*engenheiradas*" no Brasil e que atendem às normas de qualidade internacionais mais exigentes abriu espaço para que esses produtos fossem exportados para vários mercados globais. Como essas empresas em geral não atuam sozinhas, mas são líderes de cadeias globais de produção e conhecimento, essas decisões têm implicações que vão além das suas transações individuais. Na esteira de um projeto de produto brasileiro se beneficiam fornecedores de bens e serviços também brasileiros, cujas chances de se inserir na cadeia e de exportar componentes incorporados aos produtos é maior quando a escolha de fornecedores é aqui localizada, juntamente com o centro do projeto. Em suma, no caso das empresas estrangeiras, as perspectivas de produzir e exportar a partir do Brasil estão relacionadas com o desenvolvimento local de produtos, o que é intrinsecamente dependente de existir mão-de-obra local altamente capacitada para tal fim. Por exemplo, os incentivos da Lei de Informática à P&D têm sido muito importantes nas decisões das empresas de equipamentos de telecomunicações acima comentadas. O argumento também é válido para empresas brasileiras que tenham pretensão de exportar substancialmente. A importação de tecnologias já consagradas, mas com pequenas adaptações de acordo com o meio local, pode viabilizar a produção para o mercado interno; mas a busca de mercados externos em produtos de alta performance exige mais do que vantagem competitiva em custo de mão-de-obra e energia. Exige um esforço considerável de conhecimento tecnológico novo para oferecer produtos de performance superior, ainda que tenham sua base original em tecnologias conhecidas. Por exemplo, o salto qualitativo que a Gradiente vem buscando nas tecnologias de reconhecimento de voz pode vir a colocá-la em uma posição bastante competitiva em determinados segmentos de eletrônica de consumo. Outro exemplo interessante é o da SMAR, que é hoje o maior fabricante de equipamentos e serviços de controle de processos no Brasil, e que exporta mais de um terço do valor de sua produção. O sucesso dessa empresa só se viabilizou a partir do seu investimento sistemático em P&D e em engenharia de integração.

No entanto, o que parece ser uma tendência cada vez mais reconhecida é que a criação de novos negócios baseados na "terceirização" de atividades intensivas em conhecimento não para de crescer - produção de software especializado, engenharia de desenvolvimento de produtos, logística, outras modalidades de engenharia, etc. Essas são atividades que, embora produzindo bens em sua maior parte intangível (serviços), exige uma enorme quantidade de conhecimento novo para seu desenvolvimento e produção. Por outro lado, há aqui também uma tendência à concentração e internacionalização das empresas, recentemente reforçada pela inclusão da liberalização do comércio e investimento em serviços nas agendas de negociações comerciais (ALCA e OMC). Se o Brasil não der atenção muito maior a esse tópico, poderá ver o *déficit* de pagamento em serviços, em especial os que envolvem transferência de tecnologia, darem um salto ainda maior do que o de US\$ 100 milhões para cerca de US\$ 2 bilhões, que ocorreu na segunda metade dos anos 90.

A grande maioria dos especialistas concorda que o sucesso das incubadoras depende, em grande parte, de sua relação com uma instituição acadêmica fortemente orientada na pesquisa, que não apenas fornece profissionais altamente qualificados para esses empreendimentos, mas também garante o recurso primordial para o início de um empreendimento.

De acordo com Sandra Brisolla (citada em Simone Pallone (2001)), professora do Departamento de Política Científica e Tecnológica da Unicamp, o maior desafio para garantir a sobrevivência dos sistemas científicos da América Latina, de modo que possam efetivamente desempenhar o importante papel que lhes cabe no processo de desenvolvimento marcado pela terceira revolução industrial, é descobrir e imitar as novas maneiras através das quais o conhecimento científico se acopla à produção de bens e serviços, passando pela criação de redes de pesquisadores nas diversas instituições

Para o especialista em política científica e tecnológica Erasmo José Gomes (citado em Simone Pallone(2001)), no caso brasileiro verifica-se, de maneira geral, a resistência por parte das universidades e institutos de pesquisa em engajarem-se no esforço das entidades gestoras dos pólos tecnológicos e incubadoras de empresas. A participação das universidades brasileiras tem se limitado a figurar em instâncias meramente normativas, como, por exemplo, entidade instituidora, membro de conselhos diversos, etc. contudo, o envolvimento efetivo não tem sido um fato correntemente constatado, configurando-se uma situação de apoio simbólico. Gomes destaca ainda que o relacionamento das empresas e das entidades gestoras com a universidade local, no que diz respeito à utilização das instalações e recursos tecnológicos, na maioria dos casos, ocorre informalmente, baseado no contato social. Essa situação aponta para uma realidade na qual a efetividade das relações institucionais, quando não historicamente consolidadas, está muito mais centrada nas pessoas do que em uma recomendação normativa - institucional.

A necessidade de novos profissionais que permitam enfrentar o novo desafio da produção nos termos antes expostos, está sendo evidenciada pela enorme aceitação que os nossos alunos de engenharia física estão tendo nas instituições empresariais e de pesquisa da região de São Carlos, onde aproximadamente 50% deles estão envolvidos em programas de estágio ou desenvolvendo projetos de iniciação científica. A partir do I-SBEF, onde participaram empresas de enorme relevância como a Rhodia, CPqD, Scania, Volkswagen, Embrapa, TAM, Lucent Technologies, Hewlett-Packard/Compaq, Opto Eletrônica, Alcoa, Companhia Brasileira de Petróleo Ipiranga, Electrolux, Tecumseh, Tektronix, entre outras, e instituições como a AUGM, Embrapa, Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), GATE, Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), e o IPEN, entre outras, o universo de opções disponível para os nossos alunos de engenharia física expandiu-se significativamente além da nossa região. Dessa maneira, já é possível visualizar as inúmeras formas de interação desses futuros profissionais, assim como a sua relevância para a inovação tecnológica regional e nacional

5 . SUMÁRIO

Neste trabalho, mostramos a necessidade que os novos desafios tecnológicos e comerciais demandam por novos profissionais na área de engenharia, com formação de *multiespecialistas* com ampla preparação nas áreas de aplicação da física moderna. Mostramos também de que maneira a cidade de São Carlos, localizada no centro do estado de São Paulo, e conhecida como a *Capital da Tecnologia*, se tornou o ambiente ideal para o desenvolvimento do primeiro embrião desta carreira, e a sua importância na região de influência da UFSCar. Mostramos ainda, a partir da opinião de respeitados cientistas do meio acadêmico, a importância fundamental que tem para o desenvolvimento do país, a interação empresa – universidade, e a sua relação estreita com a disponibilidade de pessoal altamente capacitado nas diferentes áreas que permitam inovar, no sentido amplo da palavra, como é o caso do *engenheiro físico* hoje em formação na UFSCar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



W. PIRRÓ e LONGO - "A nova Engenharia e o Ensino de Engenharia no Brasil".
Teleconferência Engenheiro 2001

ROGÉRIO C. CERQUEIRA LEITE - Sucateamento da ciência brasileira - Folha de São Paulo - de 04/04/2003

SIMONE PALLO NE - Incubadora de Empresas no Brasil – 2001 – [online] - Disponível na Internet via www.comciencia.br/reportagens/framereport.htm – pagina consultada em 20/06/2003

Sylvio G. Rosa – Fundação Parque de Alta Tecnologia – São Carlos – SP – [online] - Disponível na Internet via - www.parqtec.com.br - pagina consultada em 20/06/2003

PHYSICAL ENGINEERING IN REGIONAL TECHNOLOGIC INNOVATION

***Abstract:** In 2000 was initiated the first Brazilian undergraduate course in physical engineering at UFSCar. Among many others, one of the proposed goals is to form multi-specialist with general and broad preparation in many of the application areas of modern Physics qualifying this new professional to work in the different areas of technology. São Carlos city, which is localized in the center of São Paulo state, in the last decade, has being known as the "Brazilian capital of technology" spread out over its region of influence there are many universities and research centers with strong links to the installed industrial park around. This consists of about one thousand enterprises, many of them devoted to high technology processes. This has constituted the ideal environment to start this pioneering engineering course. Here, our students have been very well accepted not only as trainees but mainly as active participants in scientific projects today, about 50% of them are directly involved in the program called "scientific initiation". In this article, we discuss and analyze the possible interactions of this new engineer, as well as the relevance of this career for both regional and national technological innovation. We also show some of the consequence arised form the interaction between our students with the participants of the "first Brazilian g Symposium on Physical Engineering", recently held in our University.*

Key words: *Physical Engineering; Technological innovation; UFSCar*