

UMA VISÃO ESTRATÉGICA SOBRE O CURSO DE NANOTECNOLOGIA DO ITA.

Eurides Moura - IAB- Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA/CTA.

12228-900 – São José dos Campos – SP. eurides@ita.br

Ligia Maria Soto Urbina - IEMB-IEM-Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA/CTA.

12228-900 – São José dos Campos – SP. ligia@ita.br

André César da Silva - IEAv/CTA 12228-901 – São José dos Campos – SP.

dasilva@ieav.cta.br

Resumo

Estudos de prospecção tecnológica apontam que trajetórias estão sendo fortemente influenciadas pela evolução do campo de Nanociência e Nanotecnologia. Como disciplina científica, têm caráter profundamente pervasivo e integrador de várias áreas do conhecimento. Neste contexto, reflete-se sobre as mudanças na formação acadêmica dos engenheiros do setor aeroespacial, no ITA. Como resultado, foi apresentada uma proposta de criação do primeiro Curso de Engenharia em Nanotecnologia do Brasil. Sua intenção é antecipar-se às demandas setoriais por engenheiros capazes de absorver e desenvolver tecnologias-chave que acompanhem as trajetórias tecnológicas das áreas de aeronáutica e espaço.

Abstract

Prospective Technological Studies point that trajectories are heavily influenced by the evolution of the field of Nanosciences and Nanotechnologies. As a scientific discipline, it has a deeply pervasive character and is the integrator of many knowledge areas. In this context, a reflection about the corresponding changes in the academic formation of the ITA aerospace engineers is made. As a result, the proposal of creation of the first Nanotechnology Engineering Course in Brazil is made. Its intention is to anticipate a response for the sectorial demands for engineers capable to absorb and develop key technologies that follow the technological trajectories of the aeronautics and space areas.

1. INTRODUÇÃO

O final do século XX foi caracterizado por uma nova dinâmica de inovações apoiada pela revolução da informação e das comunicações. Esta revolução criou condições para integrar o mundo em redes, que permitem o acesso e a criação de novos conhecimentos numa escala e num ritmo nunca antes sonhado. Estes processos dinâmicos de geração e difusão de conhecimentos criam inter-relações e sinergias que têm estimulado a integração das distintas áreas de conhecimento. Assim, as inovações são, cada vez mais, o fruto de uma visão holística e não-fragmentada do conhecimento resulta mais de um alinhamento transversal de várias áreas de conhecimento do que de um aprofundamento vertical em uma dada especialidade. Como resultado, os tradicionais ramos da engenharia, que refletiam as distintas especialidades do conhecimento, têm fronteiras cada vez, mais difusas. Esta situação tem propiciado interesse por novos cursos de engenharia que se propõe integrar várias especialidades do conhecimento, alinhavadas em torno de tecnologias emergentes e dominantes do ponto de vista econômico.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo principal realizar uma reflexão sobre as mudanças na formação acadêmica dos engenheiros do setor aeroespacial, que o ITA está debatendo e que se cristaliza na proposta de criação do primeiro Curso de Engenharia em Nanotecnologia do Brasil.

Esta proposta tem como intuito antecipar-se às demandas setoriais por engenheiros capazes de absorver e desenvolver tecnologias-chave que acompanhem as trajetórias tecnológicas das áreas de aeronáutica e espaço. Estudos de prospecção tecnológica apontam que estas trajetórias estão sendo cada vez mais influenciadas pela evolução de uma nova disciplina, a Nanotecnologia, de caráter profundamente pervasivo e integrador das várias áreas de conhecimento.

Deste modo, o presente trabalho, examina retrospectivamente o papel pioneiro do ITA na formação de uma massa crítica de cientistas e engenheiros capazes de absorver e desenvolver, no Brasil, a tecnologia aeroespacial. A seguir, é discutido o papel das NanoCiências e das Nanotecnologias na evolução tecnológica do setor aeroespacial, em particular. Com base na discussão, reflete-se sobre as mudanças na formação do engenheiro que trabalhará em um setor espacial cada vez mais dominado pela utilização de nanotecnologias. Por fim, são realizados alguns comentários sobre a importância de

realizar mudanças na formação acadêmica dos engenheiros brasileiros alinhados com os objetivos estratégicos setoriais e regionais.

2. O PIONEIRISMO NO ITA

A criação do ITA, em 1950, foi a pedra fundamental que permitiu a cristalização de uma Visão Estratégica esboçada pelo Marechal-do-Ar Casimiro Montenegro Filho, que propunha para o Brasil, naquele então, o domínio da tecnologia aeronáutica. Percebia-se que para alcançar esse objetivo de longo prazo, a prioridade era criar uma escola que formasse uma massa crítica de cientistas e engenheiros capazes de absorver e desenvolver, no Brasil, a tecnologia aeronáutica. Assim, o ITA foi o primeiro Instituto do Centro Técnico Aeroespacial (CTA) no alicerce tecnológico para construção da indústria aeronáutica.

Esse projeto estratégico foi bem sucedido na medida em que possibilitou a criação da Embraer em 1969 e continua apoiando a capacitação tecnológica e competitiva da empresa, por meio de uma oferta de recursos humanos de altíssima qualidade e de pesquisa voltada para gerar soluções tecnológicas aeronáuticas.

Posteriormente, na década de 60 as atividades espaciais também foram alicerçadas pelo capital humano formado no ITA. Deste modo, pode-se afirmar que a tecnologia espacial desenvolvida principalmente pelos Institutos de Pesquisas Espaciais – INPE – e de Aeronáutica e Espaço (IAE) do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), foi um verdadeiro *spin off* da Visão Estratégica do Centro.

Desde o início o ITA foi pioneiro no Brasil pela forma como organizou seu currículo e sua estrutura operacional, que se inspirou no modelo mais evoluído das universidades americanas, especificamente, o Massachusetts Institute of Technology – MIT. Esta nova concepção de Instituição de ensino superior foi por sua vez a indutora de mudanças nas Universidades brasileiras, que passaram a organizar-se segundo os padrões iteanos.

Na concepção estratégica de Casimiro Montenegro Filho era um bom início para o ITA imitar copiar, mas era necessário ser ambicioso e criar novas tecnologias. Assim, uma das principais qualidades dos engenheiros formados deve ser a criatividade. Sob outra perspectiva, a escola deve, também, formar novos professores, ensinar a atitude de pesquisar. Além da geração de uma sólida formação técnico-científica, houve desde o início uma preocupação com a educação dos engenheiros, procurando formar cidadãos conscientes. Esta postura do ITA continua sendo o grande diferencial que o distingue das demais universidades e que está baseado na Disciplina Consciente fundamentada nos ideais da Formação Integral, trabalhando no desenvolvimento de atitudes e valores compatíveis com as crescentes exigências de responsabilidade individual e social dos profissionais.

Adicionalmente, o ITA opera com um Sistema de Aconselhamento, onde reflete a permanente necessidade de educar, o que exige uma ação concreta especialmente pela atuação dos Conselheiros e da Divisão de Alunos, num esforço integrado de professores e administradores diante da conjugação Ensino x Pesquisa x Educação.

No plano técnico, o objetivo do ITA foi formar engenheiros de concepção. O “Perfil do Engenheiro do Século XXI”, define o Engenheiro de Concepção sendo aquele que “tem uma forte base científica e tecnológica para realizar pesquisas e elaborar projetos. Está envolvido na criação de novos produtos, processos e sistemas”. Como contraponto, esse documento define o Engenheiro de Execução como aquele que “atua diretamente na atividade produtiva, supervisionando o uso adequado de tecnologias, máquinas e equipamentos de apoio, chefiando a manutenção, desenvolvendo métodos e processos, controlando a produção e, principalmente, exercendo liderança junto a trabalhadores no “pisso de fábrica” ou no “canteiro de obras”, Abenge/Confea (1991).

De acordo com Yoneyama e Walter (1994) os Engenheiros de Concepção do ITA têm características essenciais, a saber: a) capacidade de agir sobre os fenômenos da Natureza, incluindo os de interesse Aeroespacial, em proveito da coletividade, sem perder de vista as implicações sócio-econômicas: Engenharia = Matemática + Física + Química + Economia + Filosofia + Psicologia + Sociologia + Biologia + ...; b) capacidade de dominar as novas tecnologias que emergem a cada dia e, ainda, de expandir os seus conhecimentos para se adequar às necessidades, uma vez que a complexidade das modernas técnicas não permite o estudo de todos os detalhes durante o curso: privilegiar efeito *bootstrap* em lugar de almanaque; c) capacidade de enfrentar desafios com iniciativa

e criatividade, em prol da coletividade, e; por características subsidiárias: a) domínio das disciplinas fundamentais; b) facilidade para atuação no campo Aeroespacial; c) boa comunicação oral e escrita, inclusive em pelo menos uma língua estrangeira; d) formação cultural sólida e inserção no Mundo; e) motivação para educação continuada e busca de novos resultados; f) senso crítico e independência; g) capacidade de liderança e trabalho em grupo; h) capacidade de utilização da informática como ferramenta de trabalho.

Em 1961 o ITA cria o primeiro curso de pós-graduação no país. No início a principal finalidade era apenas de formar seus docentes, evoluindo para atender uma clientela maior. Nesse momento, o principal era formar um indivíduo que fosse capaz de desenvolver, conduzir e liderar pesquisas, de formar novos professores e de engenheiros capacitados para acompanhar a evolução própria de sua área.

A contribuição da escola para o setor espacial foi reforçada com a criação, em 1968, do Programa de Pós-Graduação do INPE. Nessa época estes cursos tinham exclusivamente a finalidade de capacitar e criar o corpo de pesquisadores do Instituto. Foram criados os cursos de sensoriamento remoto (só mestrado, o curso de doutorado foi implantado em 1998), meteorologia, computação aplicada, geofísica espacial, engenharia e tecnologias espaciais dividida nas áreas de mecânica espacial e controle, e combustão e propulsão.

Assim, em questão de atividades de ensino na área espacial, na região do Vale do Paraíba, o ITA e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) se somam ao garantir a formação de uma reserva intelectual capaz de alicerçar o desenvolvimento do setor espacial brasileiro. Deste modo, também se garante a qualidade das atividades espaciais que hoje são indispensáveis à vida normal e ao desenvolvimento de todos os países.

Lições de sucesso do ITA em seus planos de capacitação e parcerias em ministrar a educação e o ensino, consagram-se com as cooperações: Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Aeronáutica, ITA-EMBRAER, desde 2001, com foco no segmento aeronáutico; uma outra Parceria entre o ITA e o Instituto de Aeronáutica e Espaço - IAE, outro Instituto do CTA, focado para o conhecimento de tecnologia espacial; uma outra Parceria seria ITA com a Pilkington Brasil com foco no Programa de Mestrado Profissional em Produção; e o mais recente Convênio firmado com a Faculdade de Tecnologia – Fatec, recém aprovada para a cidade de São José dos Campos, visando qualificar mão-de-obra para os setores aeronáutico e petroquímico e terá todos os seus cursos certificados pelo ITA.

O ITA em ação conjunta com o Centro de Guerra Eletrônica (CGEGAR) do Comando-Geral do Ar (COMGAR), desde 1998 ministra o Curso de Especialização em Análise de Ambiente Eletromagnético (CEAAE). Este curso concebido para capacitação técnica dos órgãos operacionais na área de Guerra Eletrônica, Oliveira (2002). Atualmente, está sendo oferecido, o Programa de Pós-graduação em Aplicações Operacionais (PPGAO), nos níveis de Mestrado e Doutorado, nas áreas de Comando e Controle, Guerra Eletrônica, Análise Operacional e Armamento Aéreo.

Enfim, verifica-se que o ITA, com a sua excelência em Ensino e Pesquisa, nesta promoção continua de empreendedorismo poderá tornar sua estratégia ainda mais ousada ao estender a sua atuação para as necessidades de novas direções.

3. A REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DAS NANOTECNOLOGIAS

Esse papel pioneiro e colaborativo do ITA para a participação tecnológica do setor aeroespacial brasileiro está sendo desafiado pela emergência de tecnologias radicais, como as Nanotecnologias, que se espera que modifiquem substancialmente a evolução das trajetórias tecnológicas do setor aeroespacial.

As nanotecnologias são consideradas tecnologias disruptivas na medida em que revolucionaram setores e indústrias. No sentido Schumpeteriano, essas criações modificarão setores industriais fundamentalmente, destruindo aquelas empresas ou até setores que não sejam capazes de reinventar-se para poder participar das novas trajetórias tecnológicas que se desenham.

As nanociências e nanotecnologias se referem, respectivamente, o estudo e às aplicações tecnológicas de objetos e dispositivos que tenham ao menos uma de suas dimensões físicas menor que, ou da ordem de algumas dezenas de nanômetros, Melo e Pimenta (2004).

O termo Nano (do grego: “anão”), um anômetro (1nm) corresponde a um bilionésimo de um metro.

Os autores, Melo e Pimenta (2004) explicam que as novas propriedades físicas e químicas – ausentes para o mesmo material quando de tamanho microscópico ou macroscópico – são observadas na nova escala nanométrica. Com isso, enquanto a nanociência busca entender a razão para a mudança de comportamento dos materiais, a nanotecnologia busca se aproveitar das novas propriedades que surgem na escala nanométrica para desenvolver produtos e dispositivos voltados para vários distintos tipos de aplicações tecnológicas.

Embora a aplicação tecnológica de objetos na escala nanométrica seja bastante recente, a nanotecnologia está presente na natureza há bilhões de anos, desde quando os átomos e moléculas começaram a se organizar em estruturas mais complexas que terminaram por dar origem à vida. De fato, existe uma infinidade de exemplos de nanossistemas biológicos que podem ser identificados na natureza. Já o interesse pelo estudo e desenvolvimento sistemático de objetos e dispositivos na escala nanométrica das nanociências e nanotecnologia como uma atividade científica teve seu marco histórico associado à palestra proferida em 1959 pelo físico americano Richard Feynman, intitulada “Há mais espaços lá embaixo”. Feynman (que veio a receber o prêmio Nobel de Física em 1965, por suas contribuições ao avanço da teoria quântica) sugeriu que um dia o homem conseguiria manipular objetos de dimensões atômicas e assim construir estruturas de dimensões nanométricas segundo seu livre arbítrio, Melo e Pimenta (2004:14).

Melo e Pimenta (2004:14) descrevem que existem dois procedimentos gerais para se obter materiais na escala nanométrica. O procedimento “de baixo para cima” (*bottom-up*), consiste em construir o material a partir de seus componentes básicos ou, seja seus átomos e moléculas, aplica-se à criação de estruturas orgânicas, inorgânicas e, mesmo híbridas, átomo por átomo, molécula por molécula como se fossem tijolos. Eles vão sendo empilhados e unidos até que a estrutura esteja completa. Em um esquema “de baixo para cima”, é possível construir um nanoobjeto pela deposição lenta e controlada de átomos sobre uma superfície bastante polida e regular. Muitas vezes, os átomos depositados se organizam espontaneamente, formando estruturas bem definidas de tamanho nanométrico.

Para Knobel (2004) o método “bottom-up” é o principal paradigma da nanotecnologia — buscar meios de produzir materiais funcionais em larga escala, construindo-os a partir de “tijolos” fundamentais.

O procedimento “de cima para baixo” (*top-down*), tecnologias de nanofabricação estão relacionadas ao modo de fabricação de estruturas em nanoescala, partindo de um bloco maior de material utilizando-se de técnicas *etching* ou feitas à máquina (ALVES, 2004 p.29). Também é possível fabricar um objeto nanométrico pela eliminação do excesso de material existente em uma amostra maior do material, utilizando-se as técnicas de litografia, Melo e Pimenta (2004:15).

Uma questão interessante que permeia a pesquisa em Nanociências é que esta emergiu da união de resultados obtidos em pesquisas realizadas nas disciplinas de física, química e biologia, que apesar de evoluírem natural e separadamente, chegaram ao mesmo objetivo. Isto posto, cada uma destas disciplinas percebeu que pode aprender muito com as outras, de maneira que o campo da Nanociência transcendeu os limites acadêmicos tradicionais.

Engenheiros foram muito rápidos em adaptar o conhecimento adquirido em nanoescala e, em muitos casos, têm liderado, em reconhecer as sinergias transdisciplinares disponíveis. Assim, ciências dos materiais, bioengenharia e engenharia elétrica, estão todas, rapidamente, tornando-se componentes de uma superdisciplina: a nanoengenharia.

No mundo das dimensões nanométricas, propriedades intrínsecas da matéria, como cor, reação química e resistência elétrica, dependem de tamanho e forma. Assim, segundo Stanley (2002) sistemas nanoengenheirados serão aqueles em que se pode desenhar a mais ampla gama de propriedades - o que, por sua vez, significa que construir qualquer coisa com controle a nível nanométrico será a maneira mais eficiente possível de produzi-la. Enfim, na opinião desse autor, a nanotecnologia poderá vir a ser aplicada a tudo o que é feito pelo ser humano - permitirá que melhoraremos quase tudo o que fazemos atualmente e que sejam criados uma infinidade de novos materiais, medicamentos e dispositivos que nem podemos imaginar hoje. Ele afirma, com muito otimismo, que a criatividade humana está em alta - ela vai significar produtos de alto valor agregado e alto retorno financeiro para as companhias que dominarem a nanotecnologia.

A dimensão e a profundidade das mudanças é uma incógnita. Porém há fortes indícios de que é necessário prospectar, mapear e monitorar as nanociências e nanotecnologias com o intuito de fortalecer a capacitação tecnológica em nichos que contribuam para o desenvolvimento econômico.

4. A CAPACITAÇÃO BRASILEIRA EM NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIAS

O potencial da nanotecnologia para melhorar em muito as propriedades de quase tudo o que o homem faz atualmente, incluindo a criação de novos medicamentos, materiais e dispositivos, deve ser um estímulo para que redes de pesquisa sejam estimuladas economicamente pelo Estado de modo que as empresas e empreendedores, e as universidades e centros de pesquisa públicos e privados se articulem para desenvolver pesquisas e desenvolver nanotecnologias.

Nesse sentido, Knobel (2004) argumenta que o modelo de política para nanociência e nanotecnologia, adotado pelo Governo dos Estados Unidos é uma iniciativa baseada na criação de centro para onde convergem universidades, agências de fomento e indústrias interessadas no assunto. Knobel acredita ser importante centralizar um pouco as ações nessa área que ainda está nascendo. Portanto, para o Brasil é interessante estudar as várias formas de articulação que países desenvolvidos estão adotando para enfrentar a corrida para desenvolver nanotecnologias.

Como os recursos são escassos é importante estudar o mercado e as tendências atuais para perceber em que setores o Brasil pode ser competitivo. O País tem de investir em nichos específicos como o setor de *agribusiness*, petróleo, e setor aeroespacial, dentre outros.

No Brasil, a Rede BrasilNano, criada pela Portaria MCT nº 641 de 1º.12. 2004, como um dos elementos do Programa Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia, no âmbito da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, tem por finalidade fomentar o avanço científico-tecnológico e da competitividade internacional da ciência, tecnologia e inovação brasileiras, o desenvolvimento regional equilibrado, a interação entre centros de pesquisa públicos e privados e empresas, com vistas à formação de recursos humanos, à geração de empregos qualificados, à elevação do patamar tecnológico da indústria nacional e à aceleração do desenvolvimento econômico do País por meio da constituição de redes de pesquisa e desenvolvimento focadas em Nanociência e Nanotecnologia, em suas aplicações inovadoras em produtos e processos nanotecnológicos ou no estudo dos impactos em políticas públicas, éticos ou ambientais da Nanotecnologia.

Silva (2004a) expõe a preocupação sobre a educação, por sua vez, salienta o imenso desafio de modernizar os currículos, da escola primária à pós-graduação, para incorporar o quanto antes os avanços de uma ciência e tecnologia crescentemente multi, inter e transdisciplinares. E considera ainda um outro desafio — as aplicações militares da nanotecnologia, desde a possibilidade de interfaces homem/máquina altamente sofisticadas até novos materiais inteligentes para o uniforme e proteção pessoal do soldado, mas, com evidentes aplicações civis.

O conceito de nanociência e nanotecnologia de caráter altamente interdisciplinar as compõem como instrumento de visão sistêmica. Uma vez que a soma das partes, a aglomeração átomo por átomo, interconectados por fluxos de materiais em estruturas *topdown* ou *bottom-up* geram novos produtos em resposta a uma estratégia específica objetivando suprir uma necessidade econômica e social.

Alves (2004 p.32), decorrente de sua experiência profissional sugere uma relação de conhecimentos básicos para se trabalhar com Nanociência e Nanotecnologia, considera algumas áreas e aplicações perspectivadas para a nanotecnologia, dentre elas vale ressaltar as estritamente relacionadas a Nanociência espacial, às de domínio das engenharias aeronáutica e aeroespacial, como a indústria automotiva e aeronáutica - materiais mais leves, reforçados por nanopartículas; pneus que durem muito mais tempo e que sejam recicláveis; tintas que não sofram os efeitos da salinidade marinha; plásticos não inflamáveis e mais baratos, tecidos e materiais de recobrimento com poder de auto-reparação; exploração espacial - construção de veículos espaciais mais leves; defesa - detectores e remediadores de agentes químicos e biológicos; circuitos eletrônicos cada vez mais eficientes; materiais e recobrimentos nanoestruturados muito mais resistentes; tecidos mais leves e com propriedades de auto-reparação; novos substituintes para o sangue; sistemas de segurança miniaturizados.

Silva (2004) considera a amplitude de aplicações da Nanotecnologia na pesquisa e desenvolvimento nas áreas aeronáutica e aeroespacial a partir da utilização de “materiais

nanoestruturados – leves, resistentes e termicamente estáveis – em aeronaves, foguetes, estações espaciais e plataformas de exploração planetária ou solar, o que, conseqüentemente, resulta em um grande número de inovações, produtos e riquezas decorrentes”. Silva (op cit) explana sobre a necessidade de se criar e consolidar um centro de excelência de nanotecnologia no setor aeroespacial, onde vale lembrar que em 2004 foi realizado o primeiro workshop de Nanotecnologia com o intuito de prospectar oportunidades que possam ter aplicações no setor aeroespacial e de defesa.

A guisa das tendências, sob a luz de extrapolação do *status quo* da Prospecção da Nanotecnologia no Mundo está sendo realizado um estudo sob a coordenação de Oswaldo Luiz Alves, (Alves, 2004).

5. A IMPORTÂNCIA DA PROPOSTA DE CRIAÇÃO DO CURSO DE NANOTECNOLOGIA NO ITA

O êxito de investimentos públicos e privados em pesquisas voltadas para desenvolver nanotecnologias tem como pedra angular a existência de uma massa crítica de pesquisadores capacitados para empreender os desafios postos pela necessidade de trabalhar nas fronteiras do conhecimento, onde os limites entre as disciplinas tradicionais como física, química e biologia desaparecem; onde os limites das áreas de engenharia se diluem em uma convergência de modelos, técnicas e interesses comuns que permitem desenvolver novos materiais, sistemas e dispositivos eletrônicos, que integram as várias áreas da engenharia com as ciências básicas.

Nesse contexto, a importância para a inserção do curso de nanotecnologia no ITA se faz premente para capacitar o Brasil para navegar nas águas turbulentas que sinalizam para a ruptura da trajetória tecnológica que têm alicerçado o desenvolvimento do setor aeroespacial e da defesa.

A introdução deste curso simbolizaria no ITA uma atitude pioneira ao quebrar o paradigma que permeia o modelo universitário brasileiro. Este paradigma, sendo calcado em compartimentos claramente definidos por currículos limitantes e limitadores, já não é mais condizente com as necessidades de capacitação tecnológicas regionais e nacionais.

Os novos tempos demandam um profissional com uma base de conhecimento que uma formação multidisciplinar, de modo que possa trabalhar com equipes interdisciplinares percorrendo caminhos científicos e tecnológicos transdisciplinares.

A flexibilidade da instituição para adaptar-se aos novos tempos é um sinal de sua capacidade de construir para o desenvolvimento econômico e social da Nação Brasileira. Assim, para apoiar o setor aeroespacial e de defesa, o ITA deve ser capaz de reinventar-se. Nesse sentido, a criação do novo curso demanda da instituição um esforço muito grande de aprendizado na aquisição de novos conhecimentos para poder ensinar e gerar, por sua vez, novos conhecimentos, alimentando um círculo virtuoso de capacitação tecnológica.

Adicionalmente, a criação do novo curso requer uma mudança nos modelos mentais que sustentam a concepção atual de ensino, buscando a integração de competências multifuncionais que trabalhando sinergicamente componham o novo Curso de NaNoTecnologia no ITA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABENGE/CONFEEA, “Perfil do Engenheiro do Século XXI”. **1991**, Brasília: Abenge/Confea.
- Yoneyama, Takashi; Walter, Fernando, **1994**. “Diretrizes para reforma curricular na IEE”. Workshop da Divisão de Engenharia Eletrônica do ITA, 1, Anais... p.147-149.
- Stanley Williams fala ao Senado dos EUA sobre Nanotecnologia, **2002**. Disponível em: <http://www.inovacao.unicamp.br/politicaact/integra-stan.shtml>
- Oliveira, J. E. B. **2002** “Uma visão estratégica do Ensino e Pesquisa em Defesa Eletrônica para o ITA”. Disponível em: www.ele.ita.br/~edimar/revista_DIRENG.pdf
- Alves, Oswaldo Luiz, “Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo”. **2004**, *Parcerias Estratégicas*, n.18, p.23-40.
- Knobel, M. “Nanoredes”, *Parcerias Estratégicas*, **2004**, n.18, p.99-104.
- Melo, C. P.; Pimenta, M. “Nanociências e nanotecnologia”, **2004**, *Parcerias Estratégicas*, n.18, agosto, p.9-22.
- Silva, A. C. Nanotecnologia: uma iniciativa recomendada para a Aeronáutica. **2004**, *Air and Space Power Journal (ASPJ)*, 1º trim., p. 61-67.
- Silva, C. G. “Nanotecnologia: o desafio nacional”, **2004a**, *Parcerias Estratégicas*, n.18, p.5-8.