



EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA NO CONTEXTO DA INOVAÇÃO SOCIAL

Irlan von Linsingen – linsingen@emc.ufsc.br

Walter Antonio Bazzo – wbazzo@emc.ufsc.br

Luiz Teixeira do Vale Pereira – teixeira@emc.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Mecânica

NEPET – Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica

Campus Universitário – Trindade

88.040-900 – Florianópolis – SC – Brasil

Resumo: São discutidos aspectos da qualificação profissional em engenharia pautada na exclusiva competência técnica. Abordam-se possibilidades de transformação propiciadas pela perspectiva de associar ao ensino tecnocientífico as dimensões sociocultural e ambiental. Considera-se que o ensino tecnológico deve, subjacente ao necessário aprimoramento tecnocientífico, possibilitar a compreensão do contexto em que ele se desenvolve. A formação no contexto da inovação social é tratada a partir das interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, às quais se associa a Natureza. Considera-se que o processo de capacitação dos engenheiros é prioritariamente orientado para uma visão tecnocêntrica da tecnologia, inibindo a construção de capacidades de inovação com compromissos socioculturais claros. Considera-se que pressupostos como essencialidade, neutralidade e universalidade da ciência e da tecnologia, associados à concepção linear tradicional de progresso, estão na origem da legitimação da atividade pedagógica e de pesquisa na engenharia, reforçando a concepção determinista e neutra da C&T. São propostos novos enfoques educacionais centrados numa visão imbricada da atividade científico-tecnológica, no sentido de buscar superar problemas decorrentes de uma visão restrita do campo de competência profissional e, desse modo, contribuir para o debate atual em torno do desenvolvimento sustentável e da formação dos agentes do processo de inovação.

Palavras-chave: Educação tecnológica, Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), Inovação social, Currículo

1. O CENÁRIO

O cenário considerado nesta abordagem sistêmica do processo de educação tecnológica é o da sociedade tecnológica; uma assunção que reconhece a posição central da tecnologia nas relações sociais, significando que o mundo social é mediado pela ciência e pela tecnologia.

Ao empregar a denominação “sociedade tecnológica”, admite-se, como premissa, que está ocorrendo uma crescente e profunda imbricação entre ciência e tecnologia, e que as culturas transformam-se em *tecnoculturas*¹, em um processo de realimentação mútua, subjacente às suas acepções usuais. Essa construção teórica pode sugerir que as sociedades estariam sendo moldadas pela tecnologia numa relação determinista tecnológica. Interessa, portanto, discutir o tema dos determinismos na formação e prática profissional da engenharia, constituindo este um dos pressupostos mais importantes sob o ponto de vista da intervenção tecnológica.

De acordo com essa compreensão, há uma presente e decisiva configuração global das culturas em decorrência da intensificação e difusão do processo de inovação tecnocientífica. Tal imbricação sugere que, considerado isoladamente como produtor de benefícios para o bem-estar social e a felicidade humana, o processo inovador é dependente da capacidade de renovação da concepção e produção de artefatos tecnológicos, diretamente vinculados à crescente eficiência e intensidade, e que tal intento é factível se o processo de formação puder ter sua eficácia continuamente aumentada. Com essa lógica, o desenvolvimento está cada vez mais condicionado à capacidade de aceleração do processo de transformação tecnológica, centrado na inovação, o que impõe à educação tecnológica a capacidade de formar agentes de inovação, ou seja, engenheiros e tecnólogos preparados para essa nova demanda sociotécnica, assumida como global. Fundamentalmente, portanto, nada muda em relação à concepção pedagógica histórica do ensino técnico superior, que costuma se orientar pela eficiência técnica e visão tecnocêntrica como ideais para a formação tecnocientífica.

Nesse novo modelo de sociedade há também um expressivo aumento da exclusão tecnológica intra e intersocial (*apartheid* sociotécnico) e um desequilíbrio global nas relações de poder que essa apartação possibilita. O quadro é de dependência tecnológica e de dependência social. Há aqui duas dimensões fundamentais a serem consideradas: por um lado a necessidade de se reduzir a distância entre os detentores do saber científico-tecnológico e os consumidores de tecnologia² e, por outro lado, a de superação do abismo – que contribui para o aumento da exclusão – entre as culturas tecnocientífica e humanística no meio técnico.

Nesse cenário o ensino de engenharia assume um papel importante. Tal importância reside no duplo e imbricado compromisso de garantir um crescente aprimoramento da capacidade cognitiva que é posta a serviço de transformações que interferem de forma notável nas relações sociais e na natureza, e a construção de uma visão sócio-eco-sistêmica da atividade científico-tecnológica, ou seja, da necessária e inadiável assunção do comprometimento e referências socioculturais e ambientais da atividade tecnológica.

Interesses e pressões sociais diversos reclamam por renovações pedagógicas e curriculares para o atendimento de novas demandas profissionais exigidas por essa nova visão das relações sociais. As instituições são instadas a mudarem o discurso tradicional de defesa de uma formação exclusivamente tecnocientífica, para o de uma formação com ingredientes adicionais (competências, flexibilidade, cooperatividade, negociação, aspectos humanísticos...). Essa mudança de postura, contudo, não implica o pleno atendimento dos dois compromissos citados anteriormente, uma vez que o modelo de desenvolvimento – linear ofertista – ao qual o novo modelo de ensino tecnológico está vinculado, nascido da política de desenvolvimento científico e tecnológico norte-americana após a

¹ Tecnocultura refere-se, no contexto CTS, à crescente imbricação da cultura com a tecnologia e desta com a ciência (admitindo a divisão clássica). (Medina *apud* Cerezo e Ron, 2001)

² Consideram-se como consumidores de tecnologia todos os atores sociais que se limitam a usufruir e adaptar tecnologias, como empresas, instituições e países que estruturam suas economias com base em tecnologias forâneas.

segunda guerra mundial³, não está sendo submetido à análise.

Todavia, quaisquer que sejam os interesses subjacentes à mudança pedagógica, o reconhecimento da profunda imbricação entre fatores técnicos e humanísticos – mesmo que com a conotação de adaptação a interesses econômicos hegemônicos – está presente nas novas diretrizes curriculares, através da inserção de temas não-técnicos para a formação de engenheiros. Embora essa inserção não resolva o problema essencial da adequação da engenharia aos interesses sociais mais amplos, esse é já um passo significativo no sentido de favorecer o processo de formação profissional socialmente comprometido e referenciado para além do sentido comumente considerado.

2. O CONTEXTO

O contexto é o das interações complexas que se estabelecem entre ciência, tecnologia, sociedade e natureza. As preocupações com a formação são ampliadas nesse novo contexto, porque o conhecimento torna-se mais complexo, e as relações não são lineares e nem triviais. Não basta mais formar indivíduos apenas com elevada qualificação tecnocientífica, porque as soluções tecnológicas se plasmam no contexto das relações sociais, exigindo assim mais que critérios exclusivamente tecnocientíficos.

A engenharia é, sem dúvida, uma atividade socialmente comprometida e referenciada. O caráter desse comprometimento emerge através da convicção e do sentimento dos engenheiros e dos professores de engenharia de que se trata de uma atividade relevante, motivo suficiente para justificar sua existência e as das propostas de interferência social, cultural e ambiental que daí resultam. Reciprocamente, a sociedade retribui aceitando e confirmando o caráter e o papel especial da engenharia no contexto das produções da sociedade, embora com crescente resistência e mesmo oposição a muitas das realizações por ela protagonizadas.

Uma tal assertiva parece indicar claramente que se trata de uma atividade socialmente resolvida e que, portanto, basta seguir o caminho já previamente traçado e os cânones tecnocientíficos estabelecidos desde a primeira revolução industrial, dedicando todos os esforços para a busca do aprimoramento das técnicas que, ao final, resultarão em cada vez mais benefício social. Entretanto, a afirmação encerra também uma tensão, expressa pela resistência, que é fruto da crescente desconfiança pública do benefício incondicional da tecnologia.

Na condição de nação que integra o bloco dos países do chamado capitalismo periférico, dependente econômica e tecnologicamente, a questão da formação profissional no Brasil exige uma abordagem que leve em consideração tanto os aspectos gerais do estado da arte do conhecimento e dos movimentos internacionais relacionados com as interações da ciência e da tecnologia com a sociedade e a natureza, quanto das necessidades e peculiaridades socioculturais e socioeconômicas internas, seus ingredientes endógenos. Tal abordagem muda a forma de ver o processo (forma e conteúdo) de formação tecnológica, alterando o caráter da tecnologia nacional em relação à de outros países.

Num tal contexto cabe saber em que nível se considera o comprometimento e as referências sociais da engenharia, e qual o seu caráter. Sustenta-se, a partir dessas colocações, que o ensino de engenharia, nas bases metodológicas e ideológicas que lhe conferem sustentação e que balizam sua prática atual, não oferece as condições desejáveis para a viabilização de uma formação que propicie uma prática profissional transformadora do pensar e do fazer da engenharia que seja mais congru-

³ Relatório Bush intitulado *Science: The endless frontier* (Ciência: a fronteira inalcançável) que prescrevia o nexa entre o conhecimento científico acerca das leis da natureza e o controle tecnológico da natureza mesma para o benefício e o progresso da humanidade. Sua implementação mais completa e de maior êxito foi a organização da ciência norte-americana durante a Guerra Fria, e se interioriza hoje em todos os níveis da complexa e diversificada empresa de pesquisa moderna. Também interpenetra a sociedade industrial como um todo (Sarewitz, 2001). Em outras palavras, traça as linhas mestras da futura política tecnológica norte-americana, reforçando o modelo linear de desenvolvimento: o bem-estar nacional depende do financiamento da ciência básica e do desenvolvimento sem interferência da tecnologia, assim como da necessidade de manter a autonomia da ciência para que o modelo funcione. O crescimento econômico e o progresso social viriam por consequência.

ente com a realidade das transformações de uma sociedade que se identifica como tecnológica.

3. INOVAÇÃO E CRIATIVIDADE

Uma das pressões atualmente exercidas sobre o processo de formação dos profissionais de engenharia assenta-se na idéia de que o conhecimento técnico estaria linearmente relacionado à inovação e esse seria um motor do tipo de desenvolvimento vivenciado durante o século 21. Winner comenta que “o futuro, segundo o ponto de vista dominante, emana de uma corrente de inovações tecnológicas que nascem dos laboratórios e das campanhas de *marketing* das empresas. A sociedade muda para adaptar-se a essa avalanche de sistemas e aparatos” (Winner, 2000).

A definição clássica estabelece que a inovação constitui, em princípio, a criação ou adaptação de novos conhecimentos e sua aplicação a um processo produtivo, com repercussão e aceitação no mercado. Entretanto, essa definição não responde onde esses conhecimentos vão ser criados ao longo do processo inovador (Cerezo e Valenti, 1999). Um pressuposto histórico estabeleceu que uma base científica forte seria suficiente para estimular o processo inovador, sendo suficiente formar e preparar pesquisadores para conseguir a injeção de conhecimento no âmbito econômico. Atualmente admite-se a imprecisão desse argumento, uma vez que muitas inovações surgem nas empresas, em centros tecnológicos, a partir de atores diferenciados e não especializados, como fruto de demandas dos consumidores e interesses dos próprios trabalhadores.

Essa constatação aponta para uma nova compreensão de criatividade, fruto de transformações históricas, passando de uma criatividade individual e espontânea, que foi característica do período da primeira revolução industrial (embora transferida por canais sociais), já sofrendo um processo de aglutinação durante a segunda revolução industrial, para uma criatividade de tipo coletivo a partir da segunda guerra mundial, que esses autores denominam de “criatividade organizada”.

Um dos aspectos marcantes da criatividade organizada é o caráter agregador das capacidades e esforços individuais em prol de uma maior implementação dos seus resultados, uma vez que os problemas que se propõem atualmente estão crescendo em complexidade. “Assistimos, por conseguinte, à passagem de um processo inventivo a um processo inovador, quer dizer, à passagem da invenção como expressão individual da criatividade para a inovação como processo coletivo de criatividade” (*idem*).

A criatividade e a versatilidade na formação de especialistas é ademais necessária na sociedade contemporânea, pois esta requer cada vez mais “especialistas temporais”, dado o vertiginoso ritmo da mudança tecnológica atual e os breves períodos de tempo nos quais hoje parecem caducar muitos conteúdos de conhecimento. A superespecialização dos estudantes poderia ser encarada neste sentido como geradora de problemas sociais, através do chamado “efeito túnel”, que tende a cegar os profissionais para qualquer consideração que ultrapasse o âmbito de suas competências técnicas. Parafraseando John Ziman, Cerezo e Valenti consideram que “muito possivelmente os engenheiros, do mesmo modo que os cientistas, estariam mais bem formados para a sua vida profissional se soubessem um pouco menos *de* ciência e algo mais *sobre* ciência. Como também estariam mais bem formados se tivessem algo menos de especialização temática e um pouco mais de versatilidade criativa. Os conteúdos terão que continuar sendo adquiridos e atualizados durante a vida profissional; as atitudes são muito mais difíceis de adquirir ou modificar” (*idem*).

Inovação e criatividade seriam, desse modo, duas características fundamentais para esse novo tipo de engenheiro. Mas de que servem essas duas características se desacompanhadas da capacidade de analisar criticamente o que se faz? Para produzir transformações efetivas, e fugir à *lógica do matadouro*⁴, a crítica deveria ser capaz de fazer emergir os pressupostos nos quais baseamos nossos

⁴ Segundo Edgar Morin, “o desenvolvimento da técnica não provoca somente processos de emancipação, mas também novos processos de manipulação do homem pelo homem ou dos indivíduos humanos pelas entidades sociais. Diz-se ‘novos’ porque se tinham inventado desde a pré-história processos muito requintados de sujeição ou subjugação, sobretudo com relação aos animais domesticados. A sujeição significa que o sujeito sujeitado sempre julga que trabalha para seus

julgamentos e atitudes, e possibilitar expor suas contradições relativas às condições sociais imbricadas com a produção criativa e inovadora. Contradições que permitam questionar o tipo de mundo que estamos ajudando a construir, e que possibilitem assentar os processos de criação e inovação tecnológica sobre bases éticas e de relevância socialmente determinada.

4. MUDANÇA/ASSIMILAÇÃO TECNOLÓGICA E DETERMINISMO

A mudança tecnológica, considerada tradicionalmente como um processo evolutivo e acumulativo, supõe normalmente uma inovação tecnológica baseada na acumulação prévia de uma capacidade tecnológica. Não obstante, há tecnologias que nunca chegam a materializar-se, que desaparecem, que ficam obsoletas, que se modificam e se cristalizam. É desse modo que se podem perceber mudanças contínuas e descontínuas no comportamento da tecnologia. Poder-se-ia dizer que o substrato que Pacey (1990) caracteriza como universal realimenta-se através de mudanças contínuas e acumulativas, e o substrato da prática tecnológica muda em função do entorno de maneira descontínua e ao acaso. Há, pois, segundo essa visão, uma superposição de diferentes tipos de mudança.

A esse respeito, pode-se encontrar diferentes abordagens do estudo da mudança tecnológica na inovação no último século, onde a dificuldade para explicar conceitualmente a inovação e a mudança tecnológica se amplia consideravelmente ao tentar abordar o estudo empírico devido à dificuldade de medir essas mudanças de forma unívoca, total e universal. De qualquer maneira parece óbvio para nós engenheiros e tecnólogos que a participação no processo de mudança tecnológica independente de nossos desejos e ações, sendo algo ao qual devemos apenas nos conformar, preparando-nos para o atendimento das demandas do processo de mudança. Como uma das conseqüências dessa interpretação, justificar-se-ia a idéia de que não temos controle sobre os resultados de nossas produções e, portanto, não poderíamos ser responsabilizados pelos seus usos.

Essa interpretação, contudo, não é de modo algum unânime e remete a duas formas de ver o processo de mudança/assimilação tecnológica e o conseqüente comportamento dos engenheiros e tecnólogos. A primeira, e certamente a que possui mais força hoje em dia, percebe a tecnologia como motor do mundo (a tecnologia cria e os seres e a natureza se adaptam). A outra forma percebe a tecnologia como conseqüência de escolhas possíveis com as quais se convive, ou seja, as mudanças tecnológicas e sociais seriam resultado de imprevistos, com opções possíveis e fruto de escolhas. Para essa última, a escolha do processo de transformação ou adaptação à natureza é factível.

Ambas as formas podem estar vinculadas à existência de um motor único, representado pela mais-valia globalizada (Santos, 2001), mas a segunda alimenta a possibilidade da descentração desse motor, pois procura oferecer condições para que a técnica seja posta a serviço da humanidade, e que o mercado transforme-se em instrumento da cidadania, e não o contrário (Demo, 1999).

A práxis da engenharia parece tender mais para a primeira forma, determinista tecnológica, vendo a mudança tecnológica como um processo inexorável e independente da vontade humana. Essa constatação possui desdobramentos que merecem ser examinados em profundidade porque sustenta, mesmo que implicitamente, muitos dos procederes e condutas adotadas no ensino de engenharia que repercutem na atividade dos egressos. Poderia explicar, por exemplo, um aparente descompromisso de profissionais de engenharia com os rumos a que o processo de mudança tecnológica estaria conduzindo a humanidade, que se manifestaria através de tipos de atividades a que se submetem os engenheiros e que emergem nos diversos artefatos tecnológicos. Essa forma de ver poderia estar associada a uma tendência de assunção pouco conseqüente da responsabilidade moral dos engenheiros pelos resultados de suas atividades profissionais, e que lamentavelmente tem se manifestado com freqüência crescente. Os impactos – discutíveis –, das diferentes tecnologias postas à disposição das sociedades dão mostras da complexidade dessa questão formativa.

próprios fins, desconhecendo que, na realidade, trabalha para o fim daquele que o sujeita. Assim, o carneiro-chefe do rebanho julga que continua a comandar seu rebanho, quando, na realidade, obedece ao pastor e, finalmente, à *lógica do matadouro*" (Morin, 1999).

Outra questão estaria relacionada com o aproveitamento do grande esforço individual realizado pelas pessoas que buscam essa profissão. Parece claro para o pensamento hegemônico que o conhecimento técnico-científico construído ao longo da vida acadêmica seja colocado a serviço da técnica. Nesse caso, a técnica pode ocupar lugar central nas preocupações dos engenheiros e, desse modo, o meio (o conhecimento técnico visto como instrumento) pode transformar-se em fim (o desenvolvimento do próprio instrumento). Desacompanhado da reflexão crítica, tal tipo de conhecimento não possui, em princípio, qualquer relação formal com sua apropriação social e nem compromisso explícito com algum tipo de construção de mundo.

Isso poderia explicar, em parte, a aceitação de engenheiros em participar de projetos dos quais resultem produtos de utilidade discutível ou que produzam danos sociais e ambientais, ou de se disporem a preparar argumentos “técnicos” de validade ambígua, que sejam utilizados para a tomada de decisão política para a construção e utilização de artefatos na esfera pública.

Para essa forma de ver, principalmente na área técnica, os argumentos que defendem a necessidade de mudança no ensino técnico, que visam a criatividade, a inovação, a negociação, a sociabilidade, parecem estar voltados mais para o atendimento das pressões por aumento de produtividade e diversificação de produtos das empresas, apresentando-se aparentemente descolados das – ou como se desconhecêssem as – realidades que ajudam a construir. Pode-se defender que essas realidades seriam adaptativas, isto é, seriam conformáveis e redutíveis às criações tecnológicas das empresas e, em princípio, não causariam problemas maiores, ou até mesmo estariam previstas nas metas de desenvolvimento tecnológico, que afinal denunciariam o caráter evolucionário⁵ da humanidade.

Visões deterministas e centralizadoras da técnica e da tecnologia, que normalmente estão associadas a atitudes tecnocráticas, podem ser decorrentes também do tratamento fragmentário do conhecimento científico-tecnológico praticado nas escolas de engenharia.

Para a segunda forma de ver o processo de mudança/assimilação tecnológica, que percebe a tecnologia como consequência de escolhas possíveis com as quais se convive, e que certamente não se enquadra numa visão determinista ingênua da tecnologia, o pensamento da engenharia seria orientado por uma lógica distinta, menos linear e mais complexa, na qual o conhecimento técnico seria entremeado de sua essência. Como consequência, poder-se-iam criar as condições que permitiriam aos engenheiros dar-se conta da responsabilidade especial que os implica como atores privilegiados da construção do mundo; não de qualquer mundo, mas de um mundo em que valha a pena viver.

Essa não é uma tarefa que pode ser realizada apenas por engenheiros, pois diz respeito a todos os cidadãos. Neste sentido, a busca das condições propícias à sua realização, pelas escolas de engenharia, deveria estar relacionada a atitudes formativas voltadas também para abordagens que considerem a natureza complexa do conhecimento científico-tecnológico e da sociedade científico-tecnológica que o desenvolve e o utiliza (Morin, 1999), pois é daí que emergem as imbricações com os princípios de negociação, de ação política, de necessidade, de diferença, de cultura, entre outros.

5. ASPECTOS CURRICULARES DO ENSINO DE ENGENHARIA

Tradicionalmente a formação técnica vem sendo influenciada, de forma implícita, pela idéia de que a ciência confere um conhecimento superior que se baseia na confiança que advém da ciência experimental como meio de desvendar os segredos da natureza, pondo este saber a serviço da tecnologia e, principalmente, a serviço das empresas.

Desde o princípio é dado perceber – não explicitamente – que o aprendizado na escola de engenharia destina-se ao atendimento das necessidades de solução de problemas técnicos das empresas, razão pela qual deve ser entendido que a profissão limita-se a manter uma relação estrita com a resolução eficiente de problemas são apresentados ao longo do curso. Os problemas e projetos apre-

⁵ Relativo ao processo que, segundo certas teorias antropológicas, determina o surgimento de novos elementos socioculturais (técnicas, formas de organização social, crenças, costumes, conhecimentos, etc.), mais complexos e diferenciados, como resultado de adaptações e modificações contínuas e progressivas de elementos anteriores, mais simples.

sentados durante esse processo de iniciação profissional são reduzidos e tratados numa dimensão exclusivamente técnico-científica (em seu sentido estrito). Essa forma de iniciação mostra de forma muito objetiva a delimitação do campo de competência da engenharia: uma atividade que deve servir para a solução eficiente de problemas técnicos que emergem de necessidades das empresas.

Essa característica, juntamente com os condicionamentos comportamentais explícitos e implícitos ao longo da formação, combinada com a dedicação, responsabilidade, probidade e lealdade, propiciaria automaticamente o nexos social da atividade. Automaticamente porque, com algumas exceções mais recentes, não há orientação pedagógica formal que favoreça a compreensão dessa imbricação sociotécnica. Para todos que, uma vez formados, optam por seguir a carreira do magistério superior, a competência técnica adquirida na graduação, e posteriormente na pós-graduação, forneceria o passaporte para ensinar engenharia. Decorre daí que a chave para o bem-ensinar na engenharia é a competência técnica e, conseqüentemente, quanto mais se investir em pesquisa e capacitação tecnocientífica mais habilitado se está para ensinar. Esse pressuposto serviu e continua servindo muito bem aos propósitos de quantidade e qualidade da pesquisa universitária, mas as mesmas virtudes não podem ser atribuídas ao ensino, simplesmente porque não é possível, como se imaginava, “construir” seres humanos, cidadãos, com as mesmas ferramentas e critérios com os quais se constroem máquinas. Confundidos os atores e transferidos os métodos de abordagem sem a adequada compreensão da transposição, a dimensão formativa essencial permanece sem receber a devida atenção acadêmica, enfraquecendo-se suas qualidades mais caras.

Esse quadro formativo vem sofrendo alterações durante os últimos trinta anos, e mais recentemente – a partir da década de 1990 – tem-se buscado acrescentar novas perspectivas de formação em engenharia, principalmente através de ações institucionais de fomento à formação de empreendedores, reengenharia e outras, bem como por um fortalecimento da formação especializada nas escolas de engenharia que trabalham com pesquisa e desenvolvimento (fundamentalmente as públicas). Essas iniciativas, que emergem também em propostas de mudança curricular, têm popularizado no meio acadêmico a idéia de que as ações pedagógicas devem se orientar para a formação de competências, para a criatividade e para a inovação técnica, com forte embasamento científico, como modo de enfrentar as demandas do mundo contemporâneo.

Da mesma forma, e possivelmente já como resposta aos anseios da sociedade organizada, tem-se defendido a necessidade de uma “sólida formação humanística”, expressa tanto pelas diretrizes curriculares quanto por manifestações oficiais de associações de classe e, também, a necessidade de se preparar adequadamente engenheiros preocupados com o “desenvolvimento sustentável”. Agrega-se, desse modo, àquelas exigências “técnicas”, necessidades sociais e ambientais, o que aponta para mudanças conceituais na engenharia, embora desse fato talvez ainda não se tenha plena clareza.

Para tratar de questões curriculares dessa natureza, há que se considerar o que talvez esteja na base dessa construção, que é a definição clássica que os engenheiros dão de sua profissão, e a relativamente recente mudança do caráter dessa definição, realizada, talvez, em função de questões éticas relacionadas aos interesses do mercado.

A definição formal que os engenheiros dão de sua profissão, em qualquer uma de suas versões, afirma o caráter do seu comprometimento social, desde a definição original do século 18 atribuída a Thomas Tredgold⁶. A definição clássica dá conta de que a engenharia é “a aplicação de princípios científicos para a conversão ótima dos recursos naturais em estruturas, máquinas, produtos, sistemas e processos para o benefício da espécie humana”.⁷ Há, contudo, novas interpretações dessa definição (Mitcham, 1998, pp. 27-47).

Por conta disso, infere-se que os projetos educacionais para a área tecnológica devem favorecer o conhecimento das realidades e interesses sociais mais abrangentes a que se destinam os conhecimentos técnico-científicos, seus propósitos e seus projetos de superação das vicissitudes humanas, para justificar o pressuposto maior de que a tecnologia visa ao bem-estar da humanidade. Entretan-

⁶ Do rascunho de Tredgold da Associação Britânica de Engenheiros Civis, 1828.

⁷ Nova Enciclopédia britânica (1995), Micropédia v.4, p. 496.

to, mais recentemente uma nova interpretação daquela definição parece ter procurado adaptar o sentido da atividade engenheiril a uma condição talvez mais realista. E esta nova definição está presente nas novas diretrizes curriculares e também nas propostas da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE, 1999), de modo que cabe aqui uma análise crítica. Apesar de continuar tratando de forma fragmentária, as novas diretrizes apresentam avanços importantes na direção de uma maior interação entre engenharia e sociedade.

As Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação em Engenharia⁸ expressam no seu artigo 3º que “os Currículos dos Cursos de Engenharia deverão dar condições a seus egressos para adquirir um perfil profissional compreendendo uma sólida formação técnico-científica e profissional geral que o capacite a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística em atendimento às demandas da sociedade” (CNE/CES 11/2002). Contudo, percebe-se neste artigo uma sutil mas importante diferença com relação ao aspecto normativo da atividade presente na definição de engenharia, quando expressa que a atividade deve orientar-se para o “atendimento das demandas da sociedade” (o mesmo que nos *Criteria* da ABET⁹). Uma tal alteração substitui o caráter normativo da profissão (da definição clássica) por um processo contexto-dependente e valorativamente neutro (Mitcham, 1998), o que sugere novas interpretações e envolvimento e apresenta novas questões éticas.

Para Mitcham, “quando a meta de projeto de engenharia é reduzida de humanamente útil e benéfica para um processo dependente de contexto, então as humanidades e as ciências sociais se apresentam como os meios para entender e avaliar tais contextos. Caso contrário os engenheiros não seriam mais que pistoleiros contratados – e poderiam servir igualmente bem a profissão como projetistas de campos de concentração ou de plantas químicas verdes (não poluentes)” (Mitcham, 1998, p. 33). A supressão do caráter normativo da profissão pode ser analisada no contexto das relações de mercado. As pressões para expansão do mercado, associadas aos desenvolvimentos tecnocientíficos, podem introduzir questões éticas que dificultem a plena realização das capacidades técnicas que estão sendo formadas, uma vez que não há nada na técnica, vista como coisa em si mesma neutra, que a vincule com determinado tipo de comportamento social prévio, o que constitui uma fonte de dilemas éticos a que são submetidos engenheiros e tecnólogos. A engenharia genética pode servir como exemplo de atividade onde essas questões parecem emergir de modo dramático, mas, em princípio, podem ser identificadas em qualquer outra atividade da engenharia.

Nesse contexto, propõe-se que sejam criadas as condições para que os engenheiros e os professores de engenharia, atores importantes do processo de transformação tecnológica e social, que têm lugar reservado na mesa de negociação sobre os rumos das coisas tecnológicas, possam fazê-lo com uma pertinente consciência social. No entanto, a formação eminentemente técnica (e compartimentada) dificulta a participação consciente desse profissional num processo de decisões democráticas que cada vez mais exigirá uma capacidade de negociação. No contexto deste trabalho evidencia-se uma compartimentalização da formação em termos de uma dicotomia entre técnica e sociocultura em todas as instâncias de formação, da construção do currículo à atividade didática.

Neste sentido, a substituição do caráter normativo da atividade por um outro mais flexível, contexto-dependente, nas diretrizes curriculares deve ser analisada com cuidado. Talvez não seja mais cabível manter o caráter normativo da antiga definição de engenharia para o mundo atual. Se isso corresponde à realidade, então essa nova perspectiva remete a um compromisso ainda maior dos professores de engenharia (e é atinente a todo o sistema pedagógico) com a compreensão das interações da atividade técnico-científica com a sua sociedade, buscando evitar que a regulação da atividade seja deixada a cargo apenas de profissionais das áreas de ciências sociais aplicadas, por

⁸ CNE. Resolução CNE/CES 11/2002. Diário Oficial da União, Brasília, 9 de abril de 2002. Seção 1, p. 32.

⁹ A ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) surgiu do Engineer's Council for Professional Development ou ECPD, este fundado em 1932. <<http://www.abet.org/criteria.html>>.

força de uma limitação formal do campo de ação, já que lhes teria sido subtraída, via currículo, uma clareza do caráter sociocultural da engenharia (e da tecnologia) expressa pelo compromisso profissional com o benefício social.

Os vários aspectos das interações da engenharia e do seu ensino aqui trabalhados apontam para uma visão de currículo que seja capaz de possibilitar uma pertinente ruptura com o pensamento hegemônico centrado nos seus pressupostos legitimadores (baseados em essencialidade, neutralidade e autonomia da ciência e da tecnologia). Assim, há que se criar condições no currículo que permitam explicitar contradições e problematizá-las, desestabilizando o que está posto, ou o que se inscreve numa doutrina sobre a consumação do tempo e da história incompatível com o processo de transformação em curso, para em seguida construir as relações em outras bases.

De acordo com Cunha e Borges, admite-se que o currículo apresenta como princípio, entre outros, um potencial de construção de conceitos, de produção/reprodução de valores, de validação de conhecimentos, de estabelecimento de verdades, de influir nas visões de mundo das pessoas e de formar identidades de tal modo que a construção curricular envolve aspectos que não aparecem explicitamente no esboço final do currículo como produto acabado (Cunha e Borges, 2001, pp. 41-47). Alguns desses aspectos, ou significados, a que se referem esses autores, explicitados neste artigo, objetivam contribuir como base ao desenvolvimento do currículo, com a finalidade de se procurar compreender seus significados e seus fins no contexto histórico e sociocultural para o qual ele está sendo estruturado.

Em concordância com críticos do currículo, considera-se que o currículo não deve ser tratado como um elemento isolado do contexto social de produção, de modo que, sendo fruto da interação de forças e pressões sociais, está impregnado dos valores e ideologias dos grupos dominantes. O currículo tem, portanto, relação com um modelo de sociedade, uma vez que através dele a carga hegemônica é difundida (valores, conceitos, interpretações dos fatos sociais, visões de mundo). Desse modo, para construir um currículo numa perspectiva transformadora, é preciso reconhecer o modelo de sociedade em que se inscreve o currículo (*Op. Cit.*). Tomas Tadeu da Silva faz uma breve e contundente descrição do modelo que com frequência emerge nos discursos sobre o currículo:

O projeto hegemônico, neste momento, é um projeto social centrado na primazia do mercado, nos valores puramente econômicos, nos interesses dos grandes grupos industriais e financeiros. Os significados privilegiados desse discurso são: competitividade, flexibilização, ajuste, globalização, privatização, desregulamentação, consumidor, mercado. Nesse projeto, a educação é vista como simplesmente instrumental à obtenção de metas econômicas que sejam compatíveis com esses interesses (Silva, 1999, p. 28, *apud* Cunha e Borges, 2001, p. 44).

Para estes autores, “uma abordagem do currículo que permanece submissa à primazia do mercado pode reduzir o projeto educacional a um sistema de treinamento de pessoas”. Essa postura fatalmente exclui o questionamento dos significados social, cultural e ético dos modelos de produção, e limita-se a aceitar as “regras” implícitas do sistema hegemônico, passando a reforçá-lo. Assim, ao invés de se apresentar como uma possibilidade de transformação de estruturas, o currículo acaba por “reforçar a lógica do mercado, da produção, da competição desenfreada” (*idem*, pp. 44-45), contrapondo-se à busca de um maior equilíbrio nas relações sociais e contribuindo para a ampliação das desigualdades socioeconômicas.

O que se propõe aqui é que ao se trabalhar o currículo de engenharia – seu projeto, reformulação e implementação – sejam considerados para a discussão do currículo, entre outros, temas que se orientem pelos enfoques aqui desenvolvidos, dado que pontos usualmente considerados, tais como a definição do perfil desejado do profissional, a descrição das competências, atitudes e habilidades requeridas, a elaboração dos conteúdos e saberes que atendam a esses requisitos, a estruturação dos métodos a serem desenvolvidos, estão intimamente relacionados com essas abordagens.

6. ESTRATÉGIAS PARA UMA FORMAÇÃO CONTEXTUALIZADA

No que concerne à inclusão dos campos interdisciplinares – Humanidades e Ciências Sociais – no currículo, as novas diretrizes parecem se aproximar das diretrizes que existiam até a década de 1970, acrescidas da abordagem da Cidadania e das Ciências do Ambiente.

Essas áreas temáticas são colocadas num “núcleo de conteúdos básicos” (poder-se-ia sugerir um paralelismo com o ciclo básico da época), com cerca de 30% da carga horária mínima, o que pode redundar num equívoco sob o ponto de vista didático, quando se propõe trabalhar sob a perspectiva da transversalidade, já que esses temas dificilmente voltarão a ser tratados explicitamente nos conteúdos técnicos do “núcleo de conteúdos profissionalizantes”, permanecendo ocultos, novamente promovendo (ou mantendo) uma dissociação histórica que fere o espírito da promoção das interações entre ciência, tecnologia, sociedade e natureza, subsumido no Artigo 3º das diretrizes. A inclusão desses campos do saber no currículo representa uma conquista, mas ainda não convenientemente tratados no currículo para que o caráter e a efetividade da inclusão daquelas abordagens sejam integralmente satisfeitos.

Para a abordagem por temas transversais não seria adequado endereçar (ou especificar posições) para os temas transversais nas diretrizes curriculares, porque eles devem permear as temáticas técnicas (tópicos) do “núcleo de conteúdos profissionalizantes” (como são atualmente estruturadas nas diretrizes), em concordância com a idéia de que a grade curricular não precisa, pelo menos de momento, ser modificada substancialmente. Mas o mesmo não se propõe para os conteúdos disciplinares. Para estes, a introdução de temas transversais é interpretada como base para uma educação tecnológica transformadora.

Cabe realçar e defender que os temas transversais aqui referidos dizem respeito às interações sócio-eco-sistêmicas da tecnologia, ou seja, devem estar preferencialmente orientados para temáticas como as aqui consideradas, já que as propostas a elas vinculadas visam a ampliação do campo de competência da engenharia em termos sociais, culturais e ambientais.

Muitos dos problemas não-técnicos associados à atividade da engenharia, que se inserem em temas interdisciplinares já propugnados nas novas diretrizes, podem ser tratados didaticamente através de temas transversais. Assim, numa primeira proposição de aproximação das abordagens aqui tratadas, esta poderia constituir uma maneira bastante satisfatória de introduzir as questões subjacentes da técnica nas disciplinas.

Há contribuições (Dagnino, 2002; von Linsingen, 2002) que permitem propor algumas estratégias que apontem para um currículo que contemple uma educação transformadora, orientada para o que é socialmente relevante. Num tal contexto, o caráter da relevância social orienta-se pelo equilíbrio entre fatores técnicos e socioculturais, visando ao atendimento de demandas definidas por todos os setores da sociedade, e não apenas de uma suposta primazia do conhecimento tecnocientífico, o que implica também a busca da superação da perspectiva tecnocrática e a descentração do tecnocentrismo. Do mesmo modo, visa a superação da primazia do mercado na orientação da estrutura do currículo, de modo a que os aspectos sociais, culturais, econômicos e ambientais ocupem o devido espaço na formação de engenheiros.

Neste contexto, em concordância com os teóricos críticos do currículo, é totalmente inadequado considerar o currículo como um campo neutro e desinteressado, simplesmente porque não corresponde à realidade das relações sociais, dado que a definição de qual conhecimento deve ser corporificado no currículo ocorre num espaço de disputa de poder (Cunha e Borges, 2001).

A escolha de um conhecimento em detrimento de outro na composição curricular não é uma questão de verdade e de legitimidade, mas de escolha entre o que é considerado verdadeiro e legítimo. Nesta perspectiva, conforme destaca Cortella (1999), o conhecimento não pode ser entendido sem conexão com sua produção histórica, isto é, o conhecimento é fruto de uma convenção (*idem*).

Na concepção freireana, aprender implica não apenas adaptar, mas, sobretudo, transformar a realidade, para poder nela intervir e recriá-la. Nesse sentido, um modelo educacional crítico deve possibilitar a compreensão da “estrutura que está presente na racionalidade do mundo moderno...” (Prestes, 1994, p. 99) e permitir formar o sujeito reflexivo em relação à realidade social e ambiental



na qual se insere, uma vez que considera as relações de poder com as quais o conhecimento se constitui (Cunha e Borges, 2001).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABENGE. **Relatório da Comissão Nacional de Diretrizes Curriculares para os Cursos de Engenharia**. Brasília, 1999 (p. 3).

BAZZO, W.A.; PEREIRA, L.T.V.; von LINSINGEN, I. **Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2000.

BAZZO, W.A. (2002). **A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica**. Revista Iberoamericana de Educação Tecnológica, n. 28, Janeiro-abril. Disponível em <<http://www.campus-oei.org/revista/rie28f.htm>> Madri – Espanha.

CEREZO, J.A.L.; VALENTI, P. **Educación Tecnológica en el siglo XXI**. <<http://www.oei.org.co/ctsi/edutec.htm>>. In: *Polivalencia* n.8, Revista de la Fundación Politécnica/Universidad Politécnica de Valencia, 1999.

CORTELLA, M.S. **A escola e o conhecimento: fundamentos epistemológicos e políticos**. 2. ed. São Paulo: Cortez/ Instituto Paulo Freire, 1999.

CUNHA, F.M.; BORGES, M.N. **Currículo para os cursos de Engenharia: o texto e o contexto de sua construção**. In: Revista de Ensino de Engenharia, v.20, n.2, pp. 41-47. Brasília: ABENGE, 2001.

DAGNINO, R. **A Relação Pesquisa-Produção: em busca de um enfoque alternativo**. In: SANTOS, L.W.; ICHIKAWA, E.Y.; SENDIN, P.V.; CARGANO, D.F. (Org.). *Ciência, Tecnologia e Sociedade: o desafio da interação*. Londrina: IAPAR, 2002.

DEMO, P. **Profissional do futuro**. In: LINSINGEN, I. *et alii*. *Formação do Engenheiro: Desafios da atuação docente, tendências curriculares, questões contemporâneas da educação tecnológica*. (pp. 29-50). Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999b.

LINSINGEN, I.; PEREIRA, L.T.V.; CABRAL, C.G.; BAZZO, W.A. (Orgs.). **Formação do Engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da educação tecnológica**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999.

MEDINA, M. **Ciencia y tecnología como sistemas culturales**. In: CEREZO, J.A.L.; RON, J.M.S. *Ciencia, tecnología, sociedad y cultura en el cambio de siglo*. Madrid: Biblioteca Nueva/OEI, 2001.

MITCHAM, C. **The Importance of Philosophy to Engineering**. In: *Teorema*, v.XVII/3, 1998.

MORIN, E. **Ciência com consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1999, p. 109.

PACEY, A. **La cultura de la tecnología**. México: Fondo de Cultura Económica, 1990.

PEREIRA, L.T.V., BAZZO, W.A. **Ensino de engenharia, na busca do seu aprimoramento**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1997.

PEREIRA, L.T.V. (2000). **Uma disciplina CTS para os cursos de Engenharia**. Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, em CD-ROM, Ouro Preto, MG, outubro. Bazzo, W.A., Linsingen, I.

PRESTES, N.H. **A razão, a teoria crítica e a educação**. In : PUCCI (Org.). *Teoria crítica e educação*. Petrópolis: Vozes, 1994.

SANTOS, M. **Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal**. Rio de Janeiro: Record, 2001.

SAREWITZ, D. **Bienestar humano y ciencia federal, ¿cuál es su conexión?** In: CEREZO, J. A. L.; RON, J. M. S. *Ciencia, tecnología, sociedad y cultura en el cambio de siglo*. Madrid: Biblioteca Nueva/OEI, 2001.

von LINSINGEN, I. **Engenharia, Tecnologia e Sociedade: Novas Perspectivas para uma Forma-**



ção. Tese. Florianópolis: CED/UFSC, 2002.

WINNER, L. **Beyond Innovation: Ethics and Citizenship in an Era of Ceaseless n Change.** *In:* Tecnología y política. Valencia: UIMP, 2000.

TECHNOLOGICAL EDUCATION IN THE CONTEXT OF THE SOCIAL INNOVATION

Abstract: *It is discussed aspects of professional qualification based exclusively on technical competence of engineering neglecting the environmental and sociocultural dimensions of the profession and its consequences for the engineering education. It is considered that, besides the knowledge of the science and technology developments, the technological teaching should explicitly make clear the aims of this scientific and technological endeavor and should give grounds for the comprehension of social and cultural context where this activity actually occurs. This study is oriented by conceptions, which are related somewhat to the founding ideas of the Science Technology and Society approach. It is also considered that assumptions like essentiality, neutrality and universality of science and technology are the fundamental stones of the discourse that claim to legitimate the present pedagogy and research in engineering. Therefore, this essay follows three main axes: first, to explicitly display the extent and magnitude of the influence of the technological activity over society and nature; second, to explicitly display and criticize the assumptions underlying the engineering activity, and finally, to propose new educational approaches based on the undisputable imbrications of the scientific-technological activity and society. The aim is to overcome many problems originated from the teaching based exclusively on the scientific and technical competence. It is expected that a new approach will contribute to the present debate about sustainable development and the education of the engineer of the 21st century. Summing up, it is emphasized the need of making present in the engineering learning activity the frequently neglected socio-eco-systemic dimension of technology. It is stressed the urgent need of a conceptual change of the pedagogical object of the engineering. This conceptual change may come from a meaningful consideration of the substantive interactions between the technical object and society.*

Key-words: *Technological education, Science-Technology-Society (STS), Social innovation, Curriculum*