



A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA E OS PERFIS DE FORMAÇÃO CTS NO BRASIL

Marta Lucia Azevedo Ferreira – mlferreira@cefet-rj.br

Cristina Gomes de Souza – cgsouza@cefet-rj.br

Ilda Maria de Paiva Almeida Spritzer – spritzer@cefet-rj.br

CEFET-RJ, Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Mestrado em Tecnologia

Av. Maracanã, 229 - 5º andar - Maracanã

CEP 20271 110 – Rio de Janeiro - RJ

Resumo: *Este artigo apresenta a educação em engenharia em perspectiva histórica no Brasil, as características da Educação CTS em engenharia e alguns exemplos de perfis de formação CTS. A evolução da educação em engenharia no país aponta para a proposta da Educação CTS e para a necessidade de maior diversidade de perfis profissionais. Trata-se de uma proposta interessante, útil e necessária ao promover a contextualização de conteúdos e contribuir para a formação de engenheiros com perfil empreendedor e também reflexivo e crítico, o que vem a significar a ampliação de seu potencial de inserção profissional e cidadã, além da melhoria nas condições de sua atuação na resolução dos complexos desafios enfrentados hoje pela sociedade brasileira. O reinício de uma trajetória de crescimento econômico e de possibilidades de desenvolvimento no país não se faz com engenheiros em número insuficiente ou qualificação inadequada.*

Palavras-chave: *Educação em Engenharia; Educação CTS; Perfis de Formação CTS.*

1. INTRODUÇÃO

O crescimento econômico supõe o aumento na capacidade produtiva das sociedades, podendo ser desencadeado pelo avanço técnico, pelo aumento do volume de capital e da força de trabalho, bem como pela descoberta de novos recursos naturais. Ele é a chave para a elevação da qualidade de vida a longo prazo, favorecendo o desenvolvimento econômico. Os engenheiros desempenham papel fundamental nesses processos por meio da geração de ideias que se transformam em tecnologias e inovações, participando ativamente da melhoria contínua da produção e dos produtos, da própria gestão do processo produtivo e das atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P,D&I).

Mas como propõem Nelson e Sampat (2001), a atividade econômica inclui, não apenas as “tecnologias físicas” como resultado final desta atividade, mas as “tecnologias sociais” como maneiras de realizá-la. Nelson (2008) acrescenta que o importante é considerar o processo de coevolução entre instituições (estruturas de suporte), “tecnologias sociais” (mecanismos de coordenação das ações e interações entre múltiplos atores) e “tecnologias físicas” (artefatos, estruturas e sistemas tecnológicos). Como as tecnologias obedecem a especificidades setoriais, regionais e nacionais, a educação em engenharia precisa ser contextualizada, ou seja, pensada no âmbito das imbricadas relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade, que constituem o campo CTS, dando origem à Educação CTS.

Ferreira e Souza (2012) lembram que seguindo a tradição europeia dos Estudos de C&T (Science and Technology Studies), a tradição norte-americana do Movimento CTS (Science, Technology and Society) ou a tradição do Pensamento Latino-Americano em CTS (PLACTS), esse campo interdisciplinar vem se desenvolvendo a partir dos anos 60, constituindo hoje importante referencial em termos de políticas públicas, pesquisa acadêmica e propostas educacionais em resposta aos crescentes desafios sociais, éticos e ambientais. Os enfoques disciplinares para tratamento dessas questões vêm se tornando cada vez menos satisfatórios e, no caso da educação em engenharia, trata-se de agregar a formação humanística à formação técnico-científica tradicional e também de desenvolver nos estudantes valores, atitudes e comportamentos comprometidos com a democracia e a participação social. Este é o escopo da Educação CTS em engenharia.

Como afirma Velho (2011), do pós-guerra até o início dos anos 60, a ciência era percebida como "motor do progresso", mas os movimentos sociais e de contracultura do final dos anos 60 e início dos anos 70 nos Estados Unidos se disseminaram ao redor do mundo e a ciência passou a ser percebida como "solução e causa de problemas". No cenário de globalização dos anos 80 e 90, ela tornou-se "fonte de oportunidade estratégica". Ganhou destaque a natureza contingente e socialmente localizada dos fatos científicos, a perspectiva tornou-se relativista e a ciência passou a ser entendida como construção social. Os enfoques disciplinares para tratar a produção do conhecimento em C&T, em geral, e dos artefatos tecnológicos, em particular, tornaram-se insuficientes.

Porém, a autora aponta que no século XXI, surgem os contornos de uma nova concepção de "ciência para o bem-estar da sociedade". Trata-se de levar em consideração as diferenças culturais, o desejo diferenciado das populações e a diversidade de recursos naturais, humanos, financeiros e de conhecimentos na elaboração de estratégias de desenvolvimento e de políticas públicas a elas associadas. O desenvolvimento deve ser sustentável, no sentido de contemplar as dimensões econômica, social e ambiental e de reconhecer o impacto das escolhas e ações presentes sobre as gerações futuras.

No Brasil, o novo século marca o reinício de uma trajetória de crescimento e de possibilidades de desenvolvimento, ao mesmo tempo em que novos desafios a ela se interpõem. Bielschowsky (2012) considera que o país apresenta condições favoráveis para seguir essa nova trajetória nas próximas décadas, pois a demanda de um amplo mercado interno de consumo de massa se soma à demanda estatal e privada por investimentos em infraestrutura e à forte demanda nacional e mundial por recursos naturais. Contudo, essas três possíveis frentes de expansão econômica precisam de investimentos em segmentos produtivos de alta densidade tecnológica e em inovação.

Há necessidade de engenharia para dar suporte a essa trajetória, o que estimula a demanda por engenheiros do ponto de vista quantitativo e qualitativo. Trata-se de levar em conta que a contribuição desses profissionais conduz ao aumento da produtividade e da competitividade das empresas ao permitir a redução de custos de produção, a incorporação, aperfeiçoamento e desenvolvimento de novas tecnologias, bem como a adoção de práticas ambientalmente responsáveis e de padrões mais eficientes de gestão. Eis porque a questão da qualificação dos engenheiros, foco deste artigo, é fundamental.

Pretende-se demonstrar que a evolução da educação em engenharia no país aponta para a proposta da Educação CTS e para a necessidade de maior diversidade de perfis profissionais. Depois desta breve introdução, apresenta-se a educação em engenharia em perspectiva histórica no Brasil, as características da Educação CTS em engenharia e alguns exemplos de perfis de formação CTS. Na sequência são apresentadas as considerações finais e referências bibliográficas utilizadas.



2. A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA EM PERSPECTIVA HISTÓRICA NO BRASIL

A história da engenharia no Brasil teve início com o governo-geral de Tomé de Souza (1549-1553), pois até então havia apenas depósitos de madeira fortificados no litoral e construções precárias. Porém, com o governador vieram os primeiros funcionários administrativos e jesuítas, tendo sido estes os precursores da ciência e da pesquisa no país (TELLES, 1994). A Companhia de Jesus mantinha cursos de filosofia, ciências e teologia nos *colégios* visando a preparação de uma elite letrada para o desempenho das funções requeridas pelo reino português no Brasil e, ao terminarem os cursos, os alunos em geral complementavam sua formação na Europa (ALMEIDA & BORGES, 2007).

De acordo com os autores, desenvolveram-se paralelamente no Brasil estudos de matemática e cartografia em algumas fortificações militares visando o aprimoramento nas técnicas de defesa e inovações nas técnicas de edificações. Foi assim que a engenharia transformou-se em objeto de estudo dos oficiais que planejavam as estratégias defensivas e que a Carta Régia de 1699 pretendeu dar início às atividades de ensino de engenharia militar no Brasil. Surgiram as primeiras aulas, academias e cursos, onde paulatinamente foram sendo incluídas disciplinas civis até que a vinda da corte portuguesa para o Rio de Janeiro em 1808 constituiu o marco do ensino superior no Brasil.

Segundo Suzigan e Albuquerque (2008), o Período Colonial até 1808 é caracterizado como um longo período de bloqueio à acumulação científica nacional e ao desenvolvimento autônomo do país. Mas de 1808 a 1810 ocorreu a “primeira onda” de criação de instituições de ensino e pesquisa no país, enquanto a “segunda onda” abrangeu parte do Período Imperial, ou seja, de 1870 a 1900. Ferreira (2010) acrescenta que até 1850, os engenheiros eram quase todos militares e percebidos como encarregados de fortificações e demais obras de defesa, motivo pelo qual eram solicitados a partir de necessidades políticas ou demandados para trabalhos eventuais como a construção de estradas e obras públicas.

Esta situação começou a mudar, ainda que timidamente, com a interiorização das lavouras de açúcar e principalmente as de café, que estimularam o povoamento em direção ao interior do país e passaram a exigir melhores meios de transporte, daí a necessidade de construção de estradas de ferro, primeira solicitação de vulto de natureza econômica a que a engenharia nacional teve que responder. Ainda assim, os engenheiros diplomados no Brasil concorriam com engenheiros estrangeiros, engenheiros práticos sem diploma, mestres de obras, curiosos e charlatães, dado que seu trabalho era pouco valorizado, em geral seu diploma não era exigido e tampouco havia fiscalização (TELLES, 1994).

O autor afirma que as carreiras militar e de engenharia eram escolhidas por muitos não por vocação, mas por serem as mais baratas que podiam proporcionar um título de nível superior. Além disso, os engenheiros acabavam por aprender as novas técnicas na prática, uma vez que nas escolas profissionais o ensino era fundamentalmente teórico. Schwartzman (2001) acrescenta que não havia na sociedade brasileira do século XIX a percepção de que o desenvolvimento da ciência e a expansão das universidades trariam progresso. A atividade científica mantinha-se ainda extremamente precária, pois era sinônimo de cultura, sendo percebida como pouco prática e econômica, ou seja, como

de pouca relevância. Eis porque as universidades brasileiras foram criadas somente no século XX.

O predomínio das estradas de ferro nas atividades de engenharia perdurou até os anos 20, quando se deu a vulgarização do uso do concreto armado. Vargas (1994) afirma que a indústria de construção civil foi constituída no Período da Velha República (1889-1930) a partir desta nova tecnologia civil. De fato, era fundamental o conhecimento das propriedades tecnológicas do cimento e do aço utilizado, a organização total das obras e o seu controle tecnológico, em especial naquelas de maior envergadura.

Até 1930, as três primeiras universidades brasileiras foram criadas, ainda que como mera aglutinação de escolas superiores isoladas: a Escola de Engenharia de Porto Alegre que, embora criada em 1896 e sem ter adotado a denominação de universidade, desempenhou papel equivalente; a Universidade do Rio de Janeiro (URJ), criada em 1920 a partir da fusão da Escola Politécnica, da Escola de Medicina e de uma das Escolas de Direito já existentes; e a Universidade de Minas Gerais (UMG), criada em 1927 pela aglutinação das Faculdades de Engenharia, de Direito, de Medicina, de Odontologia e de Farmácia (JÚNIOR & YAMAKAMI, 2008).

Segundo Suzigan e Albuquerque (2008), os anos 20 e 30 constituíram a “terceira onda” de criação de instituições de ensino e pesquisa no Brasil. Mais precisamente, ela teve início em 1920 com o nascimento da URJ e terminou em 1934, quando foi fundada a Universidade de São Paulo (USP), também a partir da incorporação de escolas pré-existentes, mas inaugurando a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras como centro da universidade. A criação da USP é identificada pelos autores como o ponto culminante de um longo processo de lutas e articulações em prol da criação de universidades no país. Além disso, a USP passou a representar um novo padrão de qualidade e de referência institucional.

Segundo Telles (1994), do ponto de vista da formação, os engenheiros eram todos “enciclopédicos”. Nos anos 30 e 40, o Brasil intensificou o processo de modernização iniciado nos anos 20 e uma nova classe de engenheiros industriais surgiu no cenário brasileiro. Depois da 2ª Guerra Mundial, deu-se a progressiva e cada vez maior diversificação da engenharia, podendo-se considerar a atividade industrial, em geral, como a mais importante. A engenharia passou a ser uma profissão urbana, em contraste com a engenharia ferroviária, em que um grande número de profissionais encontrava-se disperso pelo país (Telles, 1984).

Ferreira (2010) assinala que o pós-guerra caracterizou o foco preliminar em C&T no país, sobretudo de 1945 a 1964, período que, segundo Suzigan e Albuquerque (2008), marcou a “quarta onda” de criação de instituições de ensino e pesquisa. Schwartzman (2001) aponta o surgimento de várias “instituições de elite” como o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) em 1951, a Universidade de Brasília (UNB) em 1962 e a Coordenadoria dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE) em 1963. Porém, a comunidade científica brasileira ainda não era numérica e socialmente significativa, situação que veio a se alterar durante o Período Militar (1964-1985).

Este período foi marcado pela formalização da infraestrutura de C&T, não apenas devido à criação de uma política explícita de C&T, mas também devido à criação de instituições coordenadoras, fundos de financiamento e centros de pesquisa de empresas estatais. Suzigan e Albuquerque (2008) consideram que o Período Militar assinalou a “quinta onda” de criação de instituições de ensino e pesquisa no país. Cabe destacar que os acordos entre o Ministério da Educação (MEC) e a United States Agency for

International Development (USAID) em 1965 e 1967 deram origem à Lei nº 5.540 de 1968, que instituiu a Reforma Universitária.

Como afirmam Ferreira (2010) e Ferreira, Souza e Spritzer (2010), o país adotou um modelo híbrido de universidade ao preservar o elemento centralizador característico do modelo francês (universidade napoleônica) e ao mesmo tempo introduzir a autonomia universitária, característica comum aos modelos alemão (universidade humboldtiana) e americano (universidade multifuncional), este último baseado na prestação de serviços e no ensino de massa a partir da autonomia, diversidade, competitividade e flexibilidade.

Paula (2009) destaca que a Reforma incorporou as seguintes características do modelo americano: vínculo direto entre educação, mercado de trabalho e desenvolvimento econômico; estímulo às interações universidade-empresa; instituição do vestibular unificado, ciclo básico, cursos de curta duração, regime de créditos e matrícula por disciplinas; fim do sistema de cátedras e incorporação do sistema departamental; criação da carreira docente aberta e regime de dedicação exclusiva; expansão do ensino superior pela ampliação do número de vagas nas universidades públicas e de instituições privadas (massificação); instituição da extensão universitária; e ênfase nas dimensões técnica e administrativa do processo de reformulação da educação superior (despolitização). Assim, a estrutura da universidade brasileira tornou-se departamental, o conhecimento especializado e a orientação diversificada.

Silveira (2005) afirma que a “engenharia científica” no Brasil foi uma política de governos, destacando o aumento gradativo da demanda por engenheiros com formação mais científica e maior conhecimento técnico. De fato, os anos 50 e 60 foram marcados pelas modernas especializações da engenharia, quando o país optou pelo modelo de desenvolvimento por substituição de importações e incentivou a indústria nacional, ampliando-se o campo de trabalho para os engenheiros e a oferta de especializações nos cursos. Mas a transição dos “engenheiros enciclopédicos” para os “engenheiros especialistas” foi gradual, dada a ênfase teórico-básica das escolas de engenharia brasileiras, que acabavam por estimular o autodidatismo e a especialização posterior conforme o campo de atuação profissional (TELLES, 1984).

Almeida *et al.* (2008, p. 8) consideram os anos 50 como marco da criação de cursos voltados para novas tecnologias das quais são exemplos computação, controle e automação, telecomunicações, materiais, petróleo, mecatrônica e eletrônica. Nos anos 60, os novos cursos de engenharia ambiental, de alimentos, florestal, de pesca e sanitária refletiram a maior preocupação com a saúde e o meio-ambiente. A partir dos anos 70, surgiram os primeiros cursos de engenharia de produção, de caráter mais generalista, já mostrando a preocupação com as tecnologias de gestão e ao mesmo tempo representando “uma tendência contrária à especialização que se delineava entre os cursos de engenharia”.

Porém, as profundas mudanças ocorridas no cenário internacional nos anos 80 e 90 levaram o país a um intenso processo de reestruturação política e econômica. Silveira (2005) acrescenta que a preocupação com a competitividade e os choques de gestão promovidos pelas empresas brasileiras recém abertas ao mundo globalizado mudaram o perfil de engenheiros requerido pelo mercado de trabalho. As competências gerenciais e a capacidade de compreensão e resolução de problemas contextualizados cresceram em importância em relação aos conhecimentos técnico-científicos tradicionais. Ferreira (2010) aponta o surgimento da “engenharia gerencial” que significou, ao mesmo tempo, uma nova demanda por engenheiros de produção. Esse novo cenário trouxe a necessidade de mudanças no ensino superior brasileiro.

A Lei de Diretrizes e Bases (LDB) nº 9.394 de 1996 concedeu mais liberdade e flexibilidade às instituições educacionais, ao mesmo tempo em que privilegiou a posição das universidades no sistema de ensino superior. Os “currículos mínimos” foram substituídos por “diretrizes curriculares gerais”, foram incorporados cursos sequenciais de curta duração para formação básica ou complementar e foram estabelecidos mecanismos de controle de qualidade. O sistema caminhou para a maior flexibilidade, heterogeneidade e qualidade.

A flexibilidade da LDB estimulou o crescimento do número de cursos de engenharia, também incentivado pelo caráter genérico da Resolução do Conselho Nacional de Educação (CNE) e da Câmara de Educação Superior (CES) nº 11 de 2002, que instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em engenharia. Assim, define no Art. 3º:

“O curso de graduação em engenharia tem como perfil do formando/egresso/profissional o engenheiro, com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado 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” (grifo nosso).

Segundo Oliveira (2005), a Resolução também contribuiu para o aumento do número de cursos, modalidades e ênfases. O resultado foi o crescimento das especializações, que resultaram na consolidação do perfil brasileiro como o dos “engenheiros especialistas de base científica” (Silveira, 2005). Ao mesmo tempo, a Resolução tornou evidente a ampla responsabilidade que é atribuída aos engenheiros e que deles é demandada, colocando em relevo a necessidade de ampliação dos requisitos para uma formação mais plena e compatível com o cenário contemporâneo.

A qualificação da mão de obra reflete os conhecimentos adquiridos na formação escolar e as capacidades adquiridas nos postos de trabalho (capital humano), influenciando fortemente a produtividade do trabalho, o crescimento econômico e o desenvolvimento econômico. Esta é a razão pela qual o estreitamento dos vínculos entre universidades e empresas torna-se fundamental, especialmente no campo da engenharia (IEL, 2006). Vale acrescentar que a construção de uma agenda nacional de desenvolvimento a partir da revitalização da engenharia e da formação em engenharia é assinalada por Formiga (2010), o que reflete a percepção do papel estratégico de ambas no cenário brasileiro atual.

Os perfis desses profissionais, o exame dos currículos, a melhoria da qualidade do ensino, o melhor preparo dos estudantes para o mercado de trabalho e para o aprendizado ao longo da vida, além da diversidade de tipos de engenharia e modelos de cursos de graduação e também de pós-graduação, fazem parte do necessário e urgente debate que abrange ainda um problema mais grave, pois grande parte das dificuldades atuais do ensino de engenharia decorre da baixa qualidade do sistema educacional e da fragilidade da base de recrutamento no final do ensino médio, que constituem obstáculos significativos à expansão da escolaridade superior no Brasil (IEDI, 2010).

É imperioso chamar a atenção para o importante papel desempenhado pelos engenheiros no crescimento e desenvolvimento do país e pelas universidades na sua formação. Como os problemas que envolvem a engenharia hoje são de natureza interdisciplinar, há necessidade de uma formação em engenharia interdisciplinar. Trata-se ainda de investir no futuro. Eis porque torna-se necessário levar em conta a proposta da Educação CTS e dos perfis de formação CTS, conforme será tratado a seguir.

3. A EDUCAÇÃO CTS EM ENGENHARIA E OS PERFIS DE FORMAÇÃO CTS NO BRASIL

As iniciativas da Educação CTS no Brasil são ainda incipientes, não havendo uma compreensão e um discurso consensual quanto aos objetivos, abrangência, conteúdos e modalidades de implementação. A partir de vários autores, Auler (2007), aponta como objetivos deste tipo de educação: promover a compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico; promover o interesse dos alunos ao relacionar a ciência com aspectos tecnológicos e sociais; discutir com os alunos as implicações sociais e éticas decorrentes do uso de C&T; desenvolver nos alunos o pensamento crítico e a independência intelectual; e formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados, tornando-os capazes de tomar decisões informadas.

Também a partir de vários autores, Santos e Mortimer (2002) argumentam que a Educação CTS corresponde à integração entre a educação científica, tecnológica e social. Outro aspecto ressaltado além da aquisição de conhecimentos e da promoção de habilidades é o desenvolvimento de valores. A estrutura de um curso com orientação CTS deve contemplar conceitos científicos e tecnológicos, processos de investigação e interações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade.

Os primeiros envolvem aspectos relacionados ao interesse pessoal, à preocupação cívica e às perspectivas culturais, enquanto os segundos propiciam a participação ativa dos alunos na obtenção de informações, na solução de problemas e na tomada de decisões. Já as últimas favorecem o desenvolvimento de valores e ideias por meio de estudos de políticas públicas e de temas globais e locais. Os autores destacam a relevância do debate acerca das possíveis visões que os currículos CTS podem apresentar sobre as interações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade.

A Educação CTS transcende a abrangência disciplinar, ou seja, tem caráter eminentemente interdisciplinar pois, em geral, diferentes disciplinas são analisadas simultaneamente no sentido de sua integração. Os conceitos são abordados de maneira relacional, buscando evidenciar as diferentes dimensões do conhecimento estudado, sobretudo no que diz respeito às interações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade. Assim, a principal forma de ação da Educação CTS é a mudança curricular.

Premebida, Neves e Almeida (2011) oferecem os seguintes exemplos de conteúdos CTS: condicionantes sociais da estruturação e autonomia do campo científico; mecanismos e condições institucionais e sociais de estruturação de C&T a partir de diferentes contextos; formas de decisão sobre sistemas peritos na gestão da vida cotidiana; relações entre conhecimento perito e leigo no contexto de produção e difusão de conhecimentos científico-tecnológicos; mecanismos de engajamento público em temas sociotécnicos; relações entre produção e consumo de inovações tecnológicas; e impactos socioambientais decorrentes da utilização de sistemas e artefatos tecnológicos.

Em relação às modalidades de implementação, Bazzo, Linsingen e Pereira (2003) apontam três tipos de experiências de Educação CTS que, embora originadas no nível secundário, podem ser aplicadas no nível superior, em especial no ensino de engenharia: enxerto CTS, que significa introduzir temas CTS em disciplinas de ciências; C&T através de CTS, que significa estruturar conteúdos de cunho científico-tecnológico com orientação CTS (disciplinas, cursos e projetos pedagógicos); e CTS puro, que significa dar prioridade ao conteúdo CTS e não aos conteúdos de cunho científico-tecnológico. Como afirma Linsingen (2007), a Educação CTS representa “uma mudança de olhar” ao partir da contextualização de conteúdos e de situações cotidianas vividas pelos



estudantes. Na engenharia, a contextualização de aplicações e resultados é um dos problemas cruciais do ensino (BAZZO, PEREIRA & LINSINGEN, 2008).

As abordagens CTS implicam em mudanças estruturais no sistema educativo ao deslocarem o foco de atenção dos professores para os alunos. Os professores passam a facilitadores da aprendizagem ao enfatizarem processos construtivistas de análise e síntese de dados, informações e conhecimentos e o foco dirige-se para a formação de engenheiros empreendedores e inovadores multifuncionais com pensamento autônomo, iniciativa, liderança, flexibilidade e capacidade para o trabalho em equipes e redes. Destaca-se a importância de serem utilizados cada vez mais métodos interativos como jogos e simulações, estudos de caso e solução de problemas, ou seja, métodos de aprendizagem ativa, cooperativa e por descoberta.

Porém, a formação disciplinar dos docentes dificulta a prática interdisciplinar requerida pelas abordagens CTS. Além disso, a preparação para o mercado de trabalho é apenas um dos componentes da formação superior, que inclui a preparação para o exercício da cidadania. É cada vez mais importante que os futuros engenheiros possam lidar com problemas complexos, o que requer visão sistêmica, capacidade empreendedora e gerencial. Mas trata-se também de “aprender a aprender” por meio de atitudes reflexivas, investigativas e críticas e de “saber fazer” com criatividade e ousadia, de modo a favorecer a geração de inovações tecnológicas, organizacionais e sociais. A formação precisa ser mais eclética e capaz de promover a criatividade e a sensibilidade a novas questões de mercado e visões de mundo (SILVEIRA, 2005).

As abordagens CTS na engenharia precisam se incorporar à educação técnico-científica tradicional no sentido de problematizar e debater as noções convencionais e hoje já superadas de ciência neutra, de tecnologia como ciência aplicada e de inovação como resultado de estágios sucessivos e independentes entre pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento, produção e difusão. Trata-se de priorizar a dinâmica e a configuração social do desenvolvimento científico-tecnológico contemporâneo, o que significa cobrir três áreas temáticas que englobam a grande maioria das questões a elas relacionadas: a dinâmica de C&T; as raízes da tecnologia; e a orientação das tecnologias (BAZZO, 2011).

O autor sugere as seguintes atividades didáticas: articulação monográfica, por meio da qual os professores promovem a discussão de questões-chave sobre determinados temas a partir de problemas familiares aos alunos ou de estudos de caso; seminários participativos a partir de filmes ou de grupos de discussão nos quais subgrupos assumem posições favoráveis e contrárias a determinados temas, de modo a favorecer a fundamentação de ideias e opiniões e o debate sobre as mesmas; e ensaios críticos, com o objetivo de estimular a criatividade, a originalidade, o senso crítico e a autoconfiança dos alunos ao redigirem textos com observações próprias sobre determinados temas. Cabe acrescentar as visitas técnicas, que podem ser complementadas por relatórios ou breves ensaios críticos.

Retomando Linsingen (2007), a Educação CTS em engenharia visa oferecer uma formação mais humanística, com o propósito de desenvolver nos estudantes maior sensibilidade crítica em relação às questões sociais e ambientais incorporadas nas tecnologias, aproximando-os de uma imagem mais realista da natureza social de C&T e do papel político dos especialistas nas sociedades contemporâneas. Em outras palavras, trata-se de promover uma “educação crítica em engenharia”. Dias e Serafim (2009) endossam a proposta da Educação CTS ao defenderem a “humanização do ensino de ciências e engenharias”.



De fato, estimular nos estudantes de engenharia uma atitude crítica e reflexiva diante dos complexos e desafiadores problemas científico-tecnológicos contemporâneos é tão importante quanto desenvolver neles a capacidade inventiva e de resolução de problemas contextualizados. A flexibilidade e a capacidade de integração agregam-se à especialização como novos e importantes requisitos profissionais, sobretudo quando se leva em conta o estreitamento da relação entre tecnologias *hard* (máquinas e equipamentos) e tecnologias *soft* (práticas organizacionais) e a necessidade do trabalho em equipes e redes interdisciplinares de alto desempenho.

Como a Resolução de 2002 apresentou apenas linhas gerais, abriu espaço para a definição de perfis de formação diferenciados. Silveira (2005) propõe o perfil dos “engenheiros empreendedores de base científica”. Guimarães, Oliveira e Prata (2007, p. 232) ratificam a necessidade deste perfil ao considerarem que atualmente o engenheiro brasileiro “deve combinar as capacidades de pesquisar e inovar com o espírito empreendedor”. Os autores destacam ainda a necessidade de domínio de tecnologias habilitadoras de inovação como nanotecnologia, mecatrônica e materiais inovadores, alinhando-se às contribuições de Cavalheiro (2008) ao indicar as novas possibilidades da “convergência tecnológica”, campo interdisciplinar formado pelas tecnologias de informação e comunicação, neurociência, nanotecnologia e biotecnologia.

Na mesma direção, Ferreira (2010) afirma que a engenharia hoje se revela mais abstrata, no sentido de integradora de conhecimentos técnicos diversificados. Além disso, requer atitudes inovadoras, empreendedoras e prospectivas diante dos processos de busca de informações, aprendizagem e construção de conhecimentos. É nesse contexto que a interdisciplinaridade se impõe, propondo um domínio conexo entre diferentes disciplinas e buscando, deste modo, o rompimento das barreiras epistemológicas entre elas. A necessidade de abertura da engenharia e da educação em engenharia à interdisciplinaridade, complexidade e diversidade também é assinalada.

Como a Educação CTS em engenharia volta-se para uma formação contextualizada, humanística, crítica e reflexiva, alinhando-se às diretrizes da Resolução de 2002, propõe-se então um novo perfil: o dos “engenheiros reflexivos de base científica”. Embora adotando premissas diferentes em sua argumentação, Dias e Serafim (2009, p. 625) também apontam a Educação CTS como alternativa para a formação em engenharia no país, na medida em que esta pode vir a compor “um projeto maior de construção de uma sociedade distinta, apoiada em um estilo diferente de educação e de construção do conhecimento”.

O ensino superior vem assumindo posição cada vez mais estratégica em todo o mundo, em função das relações que mantém com a valorização do conhecimento técnico-científico, com o crescimento econômico e o desenvolvimento e com as exigências de igualdade de oportunidades. Nos países desenvolvidos, o cenário é de diversidade, enquanto nos países retardatários, as universidades vêm sendo compelidas à revisão de seu papel e de seus padrões de atuação com vistas ao melhor atendimento das demandas do mercado de trabalho e da sociedade.

Paula (2009) acrescenta que no Brasil, as universidades devem formar cidadãos críticos e participativos capazes de contribuir na construção de um país mais justo e desenvolvido, o que necessariamente passa pela formação de qualidade em todas as áreas do conhecimento. A ampliação e democratização do acesso e a diversificação do ensino superior são temas atuais. Contudo, é cada vez mais importante considerar a necessidade de enfrentar a questão da qualidade da formação em engenharia, para que o país possa sustentar as recentes conquistas de maior inclusão social e realizar o potencial emergente de uma trajetória de avanços econômicos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desafio da ciência, da tecnologia e da inovação no século XXI é a promoção do bem-estar das sociedades e a engenharia encontra-se no cerne desta questão. Trata-se de fomentar o crescimento econômico e o desenvolvimento, ao mesmo tempo em que este deve contemplar as dimensões econômica, social e ambiental, aliando à melhoria de condições de vida, de distribuição de renda e de inclusão social a preocupação com o impacto das escolhas e ações presentes sobre as gerações futuras. A sustentabilidade deve ser capaz de integrar as perspectivas das ciências naturais às perspectivas das ciências sociais, razão pela qual o diálogo interdisciplinar torna-se fundamental na educação em engenharia.

A Educação CTS em engenharia visa oferecer aos estudantes uma formação mais humanística, de modo a propiciar-lhes maior sensibilidade crítica em relação às questões sociais e ambientais relacionadas ao desenvolvimento científico-tecnológico. Seu objetivo é integrar a educação científica, tecnológica e social, agregando aos conhecimentos ministrados novas habilidades, atitudes e valores, o que implica em mudanças estruturais no sistema educacional brasileiro, sobretudo devido à necessidade de transferir a autoridade dos professores e textos para os alunos, tanto individualmente, como coletivamente.

Trata-se de uma proposta interessante, útil e necessária ao promover a contextualização de conteúdos e contribuir para a formação de engenheiros com perfil empreendedor e também reflexivo e crítico, o que vem a significar a ampliação de suas possibilidades de inserção profissional e cidadã, além da melhoria nas condições de sua atuação na resolução dos complexos desafios enfrentados hoje pela sociedade brasileira. O reinício de uma trajetória de crescimento econômico e de possibilidades de desenvolvimento no país não se faz com engenheiros em número insuficiente ou qualificação inadequada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, N. N. & BORGES, M. N. A pós-graduação em engenharia no Brasil: uma perspectiva histórica no âmbito das políticas públicas. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 56, pp. 323-340, 2007.

ALMEIDA, T. G.; AFONSO, M. W.; REIS, R. A. & OLIVEIRA, V. F. Análise, crescimento e distribuição dos cursos de engenharia no Brasil. **Anais: XXXVI - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia** : São Paulo, SP, 2008.

AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, Unicamp, v. 1, número especial, pp. 1-20, 2007.

BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade e o contexto da educação tecnológica**. 3. ed. Florianópolis : UFSC, 2011.

BAZZO, W. A.; LINSINGEN, I. & PEREIRA, L. T. V. (eds.). **Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**, Madrid : OEI, 2003.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V. & LINSINGEN, I. **Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia**. 2. ed. Florianópolis : UFSC, 2008.

BIELSCHOWSKY, R. Estratégia de desenvolvimento e as três frentes de expansão no Brasil: um desenho conceitual. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 21, número especial, pp. 729-747, 2012.

CAVALHEIRO, E. A. A nova convergência da ciência e da tecnologia. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 26, junho, pp. 23-32, 2008.

DIAS, R. B. & SERAFIM, M. P. Educação CTS: uma proposta para a formação de cientistas e engenheiros. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior**, Campinas, v. 14, n. 3, pp. 611-627, 2009.

FERREIRA, M. L. A. CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA, Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação. A engenharia e a educação em engenharia no Brasil da colonização aos desafios do século XXI: a trajetória do Sistema Nacional de Inovação, 2010, 217p. **Dissertação (Mestrado)**.

FERREIRA, M. L. A. & SOUZA, C. G. O enfoque CTS no ensino de engenharia: um estudo de caso no CEFET-RJ. **Anais: XL - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia** : Belém, PA, 2012.

FERREIRA, M. L. A.; SOUZA, C. G. & SPRITZER, I. M. P. A. Interações universidade-empresa, novos modelos de universidade e novos perfis de formação em engenharia no Brasil. **Anais: XXXVIII - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia** : Fortaleza, CE, 2010.

FORMIGA, M. M. M. (org.). Engenharia para o desenvolvimento: inovação, sustentabilidade, responsabilidade social como novos paradigmas. Brasília : SENAI/DN, 2010.

GUIMARÃES, J. A.; OLIVEIRA, J. F. G. & PRATA, A. T. Engenharia e desenvolvimento no Brasil: desafios e perspectivas. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 25, pp. 213-235, 2007.

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (IEDI). A formação de engenheiros no Brasil: desafio ao crescimento e à inovação. São Paulo : IEDI, 2010.

INSTITUTO EUVALDO LODI (IEL). Inova engenharia: propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil. Brasília : IEL.NC/SENAI.DN, 2006.

JUNIOR, A. S. & YAMAKAMI, A. A educação em engenharia e suas ciências. **Anais: XXXVI - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia** : São Paulo, SP, 2008.

LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, Unicamp, v. 1, número especial, pp. 1-19, 2007.

NELSON, R. R. What enables rapid economic progress: what are the needed institutions? **Research Policy**, v. 37, n. 1, pp. 1-11, 2008.

NELSON, R. R. & SAMPAT, B. N. Making sense of institutions as a factor shaping economic performance. **Journal of Economic Behavior & Organization**. v. 44, n. 1, pp. 31-54, 2001.

OLIVEIRA, V. F. Crescimento, evolução e o futuro dos cursos de engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 24, n. 2, pp. 3-12, 2005.

PAULA, M. F. A formação universitária no Brasil: concepções e influências. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior**, Campinas; Sorocaba, SP, v. 14, n. 1, pp. 71-84, 2009.

PREMEBIDA, A.; NEVES, F. M. & ALMEIDA, J. Estudos sociais em ciência e tecnologia e suas distintas abordagens. **Sociologias**, Porto Alegre, ano 13, n. 26, pp. 22-42, 2011.

SANTOS, W. L. P. & MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: Pesquisa e Educação em Ciências**, UFMG, v. 2, n. 1, pp. 1-23, 2002.

SCHWARTZMAN, S. **Um espaço para a ciência: a formação da comunidade científica no Brasil**. Brasília : MCT, 2001.

SILVEIRA, M. A. **A formação do engenheiro inovador: uma visão internacional**. Rio de Janeiro : PUC-Rio, Sistema Maxwell, 2005.

SUZIGAN, W. & ALBUQUERQUE, E. M. A interação entre universidades e empresas em perspectiva histórica no Brasil”. **Texto para Discussão** nº 329. Belo Horizonte : UFMG/Cedeplar, 2008.

TELLES, P. C. S. **História da engenharia no Brasil: séculos XVI a XIX**. v. 1. 2. ed. Rio de Janeiro : Clavero, 1994.

TELLES, P. C. S. **História da engenharia no Brasil: século XX**. v. 2. Rio de Janeiro : Clavero, 1984-1993.

VARGAS, M. A tecnologia na engenharia civil. In: VARGAS, M. (org.). **História da técnica e da tecnologia no Brasil**. São Paulo : UNESP : Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 1994. pp. 225-245.

VELHO, L. Conceitos de ciência e a política científica, tecnológica e de inovação. **Sociologias**, Porto Alegre, ano 13, n. 26, pp. 128-153, 2011.

THE ENGINEERING EDUCATION AND THE STS PROFILES IN BRAZIL

Abstract: *This article presents the engineering education in historical perspective in Brazil, the characteristics of the STS Education in engineering and some examples of STS profiles. The evolution of engineering education in the country leads the STS Education proposal and the need for greater diversity of professional profiles. This is an interesting proposal, useful and necessary to provide the contextualization of contents and contribute to train engineers with entrepreneurial profile, reflective and critical. It means expansion of their potential of insertion professional and citizen as well as the improvement in their performance to solve the complex challenges faced today by the Brazilian society. The economic growth and development in the country is not possible with engineers in insufficient number or inadequate qualification.*

Key-words: *Engineering Education; STS Education; STS Profiles.*