

A atuação do engenheiro frente às tensões entre ciência, tecnologia e sociedade

Maurício Dwek

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro- RJ - maudwek@gmail.com

Resumo

A partir da constatação da crise epistemológica pela qual passa a ciência moderna, identificamos a emergência de uma prática crítica na engenharia. Contudo, uma atuação crítica e reflexiva requer uma formação que abarque a tensão entre ciência, tecnologia e sociedade, reconciliando estes campos. Para tanto, apresentamos o enfoque dos estudos em ciência, tecnologia e sociedade (CTS) como contraponto à visão aparentemente neutra da ciência e tecnologia. Dentro desse contexto, a emergência da Tecnologia Social como alternativa para a atuação social do engenheiro requer um novo tipo de engenheiro: o Engenheiro Educador. Quando atua dessa forma, o engenheiro acaba por perceber a necessidade de imersão em uma realidade socioambiental específica, do desenvolvimento do diálogo entre saberes, e da prática da pesquisa-ação.

Palavras-chave: CTS, Tecnologia Social; Engenheiro Educador; Diálogo entre Saberes; Pesquisa-Ação.

1 Introdução

A sociedade vive hoje um período de instabilidade nos planos geopolítico, econômico, social e também científico, que os mais afoitos se apressam em caracterizar de crise com tanto pavor e alarme que acabam por amplificar os efeitos negativos que eles mesmos querem evitar. No entanto, a análise mais aprofundada do vocábulo “crise” proposta pelo filósofo brasileiro Vilém Flusser (1920-1991) traz uma outra perspectiva quanto à época em que vivemos:

O verbo grego *krinein* corresponde a “dividir”, “separar” ou “quebrar”. Reconhecemos este verbo em substantivos como critério, crise, crítica, ou criminalidade. [...] Ele significa uma ação que divide a unicidade, a decompõe, a quebra ao meio: ele lança a dúvida sobre a unicidade. (FLUSSER, 2002, tradução nossa)

O antropólogo japonês R. Imafuku sugere que esta abordagem de Flusser para o termo tem como objetivo retirar a conotação negativa associada à palavra crise, usada “por órgãos oficiais para provocar medo e restabelecer a normalidade social” (IMAFUKU, 2008). Ao invés de paralisar, gerar a estagnação e o mantimento do *status quo*, períodos de crise servem para questionar a uniformidade e desconstruir critérios únicos. Esses períodos representam um processo contínuo e criador: a crise epistemológica abre um novo horizonte intelectual. Dessa forma, constata-se que momentos de crise como o atual não devem ser vistos como nefastos, mas sim como oportunidades para repensar os paradigmas vigentes em busca de uma compreensão mais abrangente e ajustada dos problemas contemporâneos.

No campo da ciência moderna, o sociólogo português Boaventura de Sousa Santos traduz a abordagem da crise como uma oportunidade de revisão de paradigmas para a crise associada ao advento de um novo modelo científico na transição para uma ciência dita “pós-moderna”, ao afirmar que:

[...]a crise do paradigma da ciência moderna não constitui um pântano cinzento de ceticismo ou de irracionalismo. É antes o retrato de uma família intelectual numerosa e

instável, mas também criativa e fascinante, no momento de se despedir, com alguma dor, dos lugares conceituais, teóricos e epistemológicos, ancestrais e íntimos [...] a caminho doutras paragens onde o otimismo seja mais fundado e a racionalidade mais plural e onde finalmente o conhecimento volte a ser uma aventura encantada. A caracterização da crise do paradigma dominante traz consigo o perfil do paradigma emergente. (SANTOS, 1988)

Santos refere-se nessa passagem às mudanças ocorridas ao longo do século XX, que com Albert Einstein, Niels Bohr, Kurt Gödel e Ilya Prigogine abalaram as estruturas da ciência moderna tal qual estavam erigidas desde o século XVII a partir dos estudos de Descartes (SANTOS, 1988). Com esta transição, do determinismo a um mundo de incertezas no qual novos modelos e conceitos estão sendo postos à prova, a comunidade científica tem a oportunidade de rever a composição tradicional de seus conteúdos de forma a abarcar outros elementos em sua cartilha, não sem certa dose de reticência e pitadas de pânico de seus membros mais conservadores. Somada a isso a tendência globalizante atual e seus aspectos multidisciplinares, temos um quadro no qual os tecnocientistas encontram-se confrontados à necessidade de integrar em seus estudos novas variáveis para dar conta da crescente complexidade no aprofundamento de seus estudos, uma complexidade não apenas técnica e científica mas também humana e social.

Diversos autores indicam que, se a ciência dita moderna está em crise, é porque foi conduzida ideologicamente para um beco no qual, por excesso de especialização e instrumentalização, encontra-se sem saída. Latour (1994) sustenta a hipótese de que a compartimentação excessiva do conhecimento acabou se mostrando pouco adaptada ao mundo contemporâneo, gerando uma enorme massa de objetos híbridos a serem analisados, enquanto Morin (2008) propõe uma teoria da complexidade capaz de apreender os problemas da atualidade. Flusser (1983, 2008) denuncia o caráter essencialmente fascista da ciência ocidental, imposta hierarquicamente em seus discursos, e faz um apelo para sua reformulação de maneira que se torne mais dialógica e democrática, ou seja, uma reforma política na ciência.

Já desde 1937, Horkheimer (1980) frisava que lhe parecia inconcebível que um intelectual pretendesse realizar um trabalho mental difícil para só depois decidir entre metas e caminhos revolucionários, liberais ou fascistas. Para ele, um teórico deveria ter um comportamento crítico e comprometido com a sociedade, suspeitando das categorias que classificam comumente os artefatos tecnológicos como “melhor”, “útil”, “conveniente”, “valioso” e “produtivo” (HORKHEIMER, 1980). Feenberg (2010) afirma ainda que a oposição entre as controvérsias éticas e os padrões atuais de eficiência da tecnologia é fictícia: para ele, “os métodos ou os padrões técnicos atuais foram formulados discursivamente como valores e, em algum tempo no passado, foram traduzidos nos códigos técnicos que examinamos hoje” o que “é bastante importante para responder às objeções práticas aos argumentos éticos para a reforma social e tecnológica”. Ademais, a credibilidade deste código técnico como manifestação unívoca da Natureza foi posta em xeque após os estudos de laboratório conduzidos por Latour e Woolgar (1986).

Em decorrência do desencantamento com o progresso científico provocado por uma visão crítica da ciência, o enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) aparece como alternativa na abordagem da tecnociência. Segundo Von Linsingen (2007):

Os estudos CTS constituem um campo de trabalho de caráter crítico com relação à tradicional imagem essencialista da ciência e da tecnologia, e de caráter interdisciplinar para o qual concorrem disciplinas como a filosofia da ciência e da tecnologia, a sociologia do conhecimento científico, a teoria da educação e a economia da mudança tecnológica.

Finalmente, no campo da inovação tecnológica, estes estudos sociais da tecnologia caminharam para o que Dagnino, Brandão e Novaes (2004) denominam de “marco analítico-conceitual da tecnologia social (TS)”:

O marco da TS incorpora a idéia, contrária à do senso comum, de que o que existe na realidade é um processo de inovação interativo em que o ator diretamente envolvido com essa função inovativa contém (ou conhece) ao mesmo tempo, por assim dizer, tanto a “oferta” quanto a “demanda” da tecnologia. Portanto, a inovação tecnológica – e por extensão a TS – não pode ser pensada como algo que é feito num lugar e utilizado em outro, mas como um processo desenvolvido no lugar onde essa tecnologia vai ser utilizada, pelos atores que vão utilizá-la.

O presente artigo apresenta as tensões decorrentes da tentativa de se "ressocializar" a ciência e tecnologia, no tocante à atuação dos engenheiros. Primeiramente, problematizamos a prática convencional da engenharia, levantando algumas das críticas e apontamentos que lhe são feitos atualmente. Em seguida, dentro da perspectiva de reformulação da maneira como é concebida a ciência e a tecnologia, introduzimos o enfoque CTS como proposta para renovar a formação em engenharia. Por fim, abordamos a atuação do engenheiro em projetos de Tecnologia Social, quando é caracterizado como Engenheiro Educador. Quando atua neste novo tipo de prática tecnológica, o engenheiro encontra-se inserido em um contexto socioambiental específico e distinto do meio industrial comumente visado pela sua formação. Sua atuação é marcada pela necessidade de estabelecimento de um diálogo entre o saber científico e acadêmico que detém e o saber tradicional dos atores sociais com os quais será desenvolvida a solução técnica. A pesquisa realizada neste processo tem caráter participativo e seu foco está na resolução coletiva de um problema técnico, podendo portanto ser considerada uma pesquisa-ação.

2 A emergência de uma formação para a prática crítica da engenharia

A grande maioria das instituições de ensino de engenharia ainda não incorporou as mudanças paradigmáticas mencionadas anteriormente de tal forma que há um descompasso entre a formação atual em engenharia e o tipo de prática socialmente contextualizada que se está buscando. O atual currículo das escolas de engenharia não apenas deixa de contemplar estas atuações críticas ao tratar das aplicações concretas dos conceitos técnicos que difunde em profusão, como também não prepara em nenhum momento o engenheiro para transmitir o conhecimento que acumulou. Além disso, ainda é propalada num grande número de escolas uma visão neutra do desenvolvimento da ciência e tecnologia, segundo a qual questões éticas não influenciariam o trabalho do engenheiro, conduzindo-o a uma postura profissional alienada, vulnerável a ideologias dominantes. Nessa perspectiva, Dagnino e Novaes (2008) afirmam que:

Os engenheiros internalizam os valores da sociedade de classes, em geral da pequena burguesia, que estão subjacentes ao seu processo de formação e à sua profissão: controle, individualismo, dominação dos trabalhadores, produção voltada à reprodução do capital. Além dos valores da classe dominante, os engenheiros recebem nas universidades e posteriormente na fábrica os conhecimentos 'técnicos', e as capacidades e habilidades gerenciais necessários para a reprodução do capital.

Os cursos de engenharia precisam igualmente incorporar em seus ensinamentos a atual crise de confiança da opinião pública com relação à ciência e tecnologia. O declínio do tecnicismo – essa fé no progresso através da ciência e tecnologia e na sua provisão do bem estar comum – coaduna-se desde a II Guerra Mundial com a desconstrução da credibilidade total da qual a ciência e tecnologia sempre beneficiou, devido ao “maior reconhecimento e exposição dos riscos atrelados ao progresso científico e tecnológico” (VALÉRIO; BAZZO, 2006). É necessário que tais questionamentos sejam transmitidos aos futuros engenheiros de maneira a incutir-lhes uma visão crítica de sua profissão, bem como prepará-los para lidar com as perquisições a que serão confrontados.

Laudares e Ribeiro (2000) apontam para a progressiva importância dada à discussão dentro dos cursos universitários sobre a urgência de um novo modelo de ensino que confira uma formação mais ampla ao engenheiro, não mais movida por uma lógica tecnicista e instrumental, mas que envolva questões de cunho humano e social, econômico e político. Citando Beder (1998):

A Engenharia parece ter chegado a um ponto de inflexão. Ela evolui de uma ocupação que provê aconselhamento técnico competente aos empregadores e clientes a uma profissão que serve a comunidade de maneira social e ambientalmente responsável. Cada vez mais engenheiros e empresas aspiram em se tornar profissionais com uma base abrangente. Igualmente, empregadores requerem mais de seus funcionários do que apenas proficiência técnica. (tradução nossa)

Assim, avista-se a formação de um engenheiro que relacione as diferentes áreas do conhecimento à engenharia, reconciliando-se com sua posição de ator social e não mais um mero agente do capital, que atue de maneira mais humanista e cidadã, buscando a promoção do diálogo entre os saberes e uma visão sistêmica da realidade. A partir daí os engenheiros poderão exercer novas funções, fora dos moldes convencionais.

Isto responde à crescente demanda por engenheiros éticos e cidadãos, munidos de um pensamento crítico e “humanizado” dentro dos processos de tomada de decisão. Como atestam Catalano e Baillie (2009):

as decisões tomadas por engenheiros têm frequentemente implicações sérias, não apenas para seus clientes, mas para a sociedade como um todo e para o mundo natural. Tais decisões podem influenciar culturas, modos de vida, bem como alterar ecossistemas com equilíbrio delicado. [...] Engenheiros devem desenvolver a capacidade de responder a necessidades emergentes de todos os povos, nas mais diversas culturas. Para tanto, são necessários conhecimentos amplamente presentes dentro do campo das ciências sociais e políticas, que precisam ser compartilhados com os estudantes de maneira significativa e relevante para a engenharia. [tradução nossa]

Porém, uma análise do currículo explícito de cursos de engenharia no Brasil indica que a atual formação em engenharia não propicia o contato com perspectivas socialmente contextualizadas da atuação profissional do engenheiro (FRAGA, 2007; DWEK, 2008). Para o aluno, a possibilidade de se familiarizar com as componentes socioambientais da *praxis* da engenharia está limitada nos currículos às poucas oportunidades abertas a uma aplicação prática do seu projeto profissional, usualmente nas disciplinas de estágio ou trabalho de formatura.

Ao mesmo tempo, verifica-se a emergência de iniciativas para reconciliar o engenheiro com suas imputações sociais, por meio de mudanças organizacionais que requerem a inclusão de variáveis socioambientais no desenvolvimento de soluções técnicas. Neste sentido, existe um cenário propício para que se difunda

a preocupação com as bases tecnológicas de um processo que permita a recuperação da cidadania dos segmentos mais penalizados, a interrupção da trajetória de fragmentação social e de estrangulamento econômico interno do país e a construção de um estilo de desenvolvimento mais sustentável. (DAGNINO et al., 2004)

É preciso portanto aprimorar a educação científica e tecnológica, provavelmente desde o ensino primário (e por que não?) até as escolas de engenharia, ampliando-a para incluir estas novas problemáticas.

Nesse sentido, uma reforma profunda na estrutura curricular é necessária. A concepção bancária da educação como forma de opressão deve ser substituída por uma concepção problematizadora e libertadora (FREIRE, 2005). Na convergência entre a pedagogia freiriana e a educação CTS surge a necessidade de uma alfabetização científica e tecnológica (AULER,

2003), na qual dialogam uma abordagem temática e contextualizada dos conteúdos técnicos e uma perspectiva interdisciplinar do trabalho pedagógico (NASCIMENTO; von LINSINGEN, 2006). Só assim o engenheiro poderá deixar de exercer apenas “um papel de administração e gerência de empresas e utilização e manutenção da tecnologia instalada” (PAIXÃO, LAUDARES; VIGGIANO, 2006) e estará preparado para atuar de maneira mais construtiva e crítica junto à sociedade.

3 O enfoque CTS

A idéia de que a tecnociência pode se desenvolver de maneira autônoma, desvinculada de sua relação com a sociedade, é característica de uma visão neutra da ciência e tecnologia (C&T). Contudo, essa neutralidade é incompatível com a tendência atual para incorporar as repercussões sociais da pesquisa tecnológica. Santos (1988) ao tratar dos efeitos principais da industrialização da ciência evidencia a estreita interação entre ciência, tecnologia e sociedade:

Por um lado, a comunidade científica estratificou-se, as relações de poder entre cientistas tornaram-se mais autoritárias e desiguais e a esmagadora maioria dos cientistas foi submetida a um processo de proletarização no interior dos laboratórios e dos centros de investigação. Por outro lado, a investigação capital-intensiva (assente em instrumentos caros e raros) tornou impossível o livre acesso ao equipamento, o que contribuiu para o aprofundamento do fosso, em termos de desenvolvimento científico e tecnológico, entre os países centrais e os países periféricos. (SANTOS, 1988).

Assim, parece necessária uma concepção da técnica humana que articule melhor as tensões entre ciência, tecnologia e sociedade. O enfoque interdisciplinar dos estudos em ciência, tecnologia e sociedade (CTS), também conhecidos como estudos sociais da ciência e tecnologia, aparece como alternativa mais apropriada para uma requalificação do debate tecnológico. O campo de estudos CTS tem suas origens nos questionamentos ao cientificismo, sobretudo após a 2ª Guerra Mundial e intensifica-se com a crítica dos movimentos sociais dos anos sessenta à sociedade de consumo de base tecnológica. Mas vale ressaltar que, segundo Dagnino (2010), “Brasil e Argentina parecem ser casos únicos de países que conseguiram gerar, durante as décadas de 1960 e 1970, críticas originais e análises contextualmente pertinentes sobre a ciência e tecnologia a partir da periferia do capitalismo”.

As características centrais dos estudos CTS consistem na inter-multi-transdisciplinaridade¹ de suas bases epistemológicas, sua orientação transformadora da sociedade e não reprodutiva dos valores hegemônicos, a negação da visão neutra da ciência e tecnologia, e a adoção de um modelo de produção antropocêntrico (e não tecnocêntrico). Bazzo (2002) indica duas tradições distintas, uma norte-americana e uma européia. No mundo anglo-saxão e em especial na América do Norte, os estudos CTS são conhecidos como *Science and Technology Studies* (STS). Suas reflexões são mais práticas e valorativas, marcadas por questões éticas e educacionais, e com ênfase nas conseqüências sociais e na tecnologia. Do outro lado do Atlântico, a linha européia é composta por estudos mais teóricos e descritivos, marcados por questões sociológicas, psicológicas e antropológicas, com ênfase nos fatores sociais antecedentes e na ciência. Ambas as linhas concebem análises críticas das relações entre ciência, tecnologia e sociedade e entre progresso social e desenvolvimento tecnológico. Ambas rompem com o paradigma do modelo linear do progresso segundo o qual o desenvolvimento científico gera desenvolvimento tecnológico, por sua vez impulsionando o

¹ Este conceito é desenvolvido rapidamente por Edgar Morin em seu livro *A cabeça bem feita: repensar a reforma, reformar o pensamento* (2008, Bertrand Brasil). É uma justaposição de termos para tentar dar conta da complexidade inerente a uma apreensão complexa do conhecimento humano, não restrita aos compartimentos disciplinares.

desenvolvimento econômico, que por fim resulta em desenvolvimento ou bem-estar social. O novo paradigma proposto é o da tecnologia como produto social, objeto de “enfrentamentos tão distintos quanto os diferentes interesses socioculturais” (von LINSINGEN et al., 1999).

Inserir um enfoque CTS nos currículos das escolas de engenharia seria um grande passo para a formação de um engenheiro crítico e para a abertura de um diálogo mais abrangente nas discussões sobre os caminhos da tecnologia. Existem diversas propostas para a aplicação dos estudos CTS nos currículos escolares (SANTOS; MORTIMER, 2002; BAZZO, 2002; von LINSINGEN, 2007; JACINSKI, 2009). Todas rejeitam uma simples inclusão de disciplinas das ciências humanas e pedem que se reconfigure a própria abordagem dos conceitos científicos e tecnológicos, trazendo à tona sua perspectiva histórica e sociocultural.

4 O Engenheiro Educador, agente da Tecnologia Social

Fraga et al. (2007) indicam como implicação direta do fim da visão neutra da tecnociência, que não é mais possível dissociá-la de sua construção social, de seus atores e do contexto em que é desenvolvida. É a partir desse contexto que os autores introduzem “a noção da prática da engenharia convencional, ou seja, aquela que reproduz a visão da tecnologia como neutra, e a prática do Engenheiro Educador, isto é, aquela que se dá a partir de uma visão socialmente referenciada da ciência e tecnologia”. Os engenheiros devem portanto agir em benefício da sociedade, mas não apenas pela resolução de problemas técnicos. Como detentores do saber científico, os engenheiros têm a possibilidade de atuar como transmissores do conhecimento científico, difundindo-o dentro das diferentes camadas sociais.

Os Engenheiros Educadores são normalmente formados por meio da relação entre a prática de incubação e os estudos teóricos, ao atuarem em empreendimentos econômicos solidários (EES), embora outros tipos de formação para este papel sejam possíveis. A eles são atribuídas não apenas a valorização do saber popular, mas também a desmistificação do saber acadêmico como verdade absoluta, além da produção de tecnologias adequadas aos EES (FRAGA et al., 2007).

Essa distinção remete ao estudo à diferenciação entre os conceitos de Tecnologia Convencional (TC) e o marco analítico-conceitual da Tecnologia Social (TS), conforme definidos por Dagnino (2004). Segundo ele, em oposição ao conceito de TC, a TS tem, ou deveria ter, as seguintes características:

- Adaptada a pequeno tamanho físico e financeiro;
- Não discriminatória (patrão x empregado);
- Orientada para o mercado interno de massa;
- Liberadora do potencial e da criatividade do produtor direto;
- Capaz de viabilizar economicamente os empreendimentos autogestionários e as pequenas empresas.

Além dos pontos já apresentados, Tygel et al. (2010) afirmam que para ser considerada TS uma tecnologia deve:

- "Atender a um interesse social específico que emane de um debate democrático entre os atores locais e a sociedade como um todo;
- Adotar métodos participativos que promovam a coletivização de seu processo de desenvolvimento, desde sua concepção e elaboração, até sua produção e gestão;

- Poder ser reaplicada, mediante algum tipo de adequação sociotécnica".

Dentro desse contexto, a atuação do Engenheiro Educador possui três importantes implicações: a imersão em um contexto socioambiental específico, o desenvolvimento de um diálogo entre saberes, e uma prática de pesquisa do tipo pesquisa-ação.

4.1 A imersão em um contexto socioambiental específico

O primeiro requisito para o desenvolvimento de uma TS por um Engenheiro Educador consiste na sua inserção em um contexto socioambiental específico, o que está em consonância com o que foi proposto para o papel integrador do engenheiro quanto à sua qualidade de avalista de sistemas complexos em cenários que incluam variáveis humanas e ecológicas (DWEK, 2008). Com efeito, não se pode desenvolver uma TS sem estar em contato com a situação local na qual ela será introduzida. Isto contribui para a ampliação das experiências sociais e culturais vividas pelo engenheiro e permite que ele possa aprender com as particularidades de uma realidade normalmente distinta daquela em que se formou, de forma concreta, por meio do contato direto com as comunidades locais. A contextualização social neste caso é indiscutível o que necessariamente implica numa mudança no posicionamento ideológico do engenheiro face à ciência e tecnologia, aos modelos de desenvolvimento econômico e os sistemas de produção e consumo.

Deve-se no entanto atentar para o problema levantado por Thiollent (2005) de que, em se tratando de projetos com base intercultural, os engenheiros não devem reproduzir nos contextos em que se inserem qualquer tipo de etnocentrismo ou sociocentrismo ou tentar impor suas categorias de análise, problemáticas sociais ou seus tipos de relacionamento, como se tivessem valor universal. É preciso:

observar os aspectos simbólicos da linguagem e dos comportamentos e, se possível, mapear os conhecimentos, verbalizar as percepções dos problemas sob investigação e outros aspectos cognitivos próprios dos atores. (THIOLLENT, 2005)

4.2 O diálogo entre saberes

A segunda implicação se refere à necessária comunicação que deve se estabelecer entre Engenheiro Educador e os usuários e parceiros da construção da TS. Cada uma destas partes representa saberes diferentes que obrigatoriamente precisam dialogar para que haja o desenvolvimento conjunto dos atores envolvidos no processo. Fala-se no caso de diálogo entre saberes. O diálogo entre saberes parte do princípio de que não há sabedoria absoluta e de que todo saber é relativo. Nas palavras do educador brasileiro Paulo Freire:

Se num grupo de camponeses conversarmos sobre colheitas, devemos ficar atentos para a possibilidade de eles saberem muito mais do que nós. Se eles sabem selar um cavalo, se sabem semear, etc..., não podem ser ignorantes [...], o que lhes falta é um saber sistematizado. (FREIRE, 1979).

Isso nos ajuda a superar a dicotomia observada nos aportes da educação em Ciência, Tecnologia e Sociedade entre especialistas e leigos (FRAGA, 2007). A compartimentação progressiva do conhecimento e a especialização não aumentaram apenas o número de *experts*, mas também o número de leigos. Com o avanço da fragmentação da ciência foram criados engenheiros de computação incapazes de projetar a sua própria moradia, o que os torna leigos frente a um engenheiro civil. Este último poderia ser considerado incapaz se comparado a um operário na fabricação de uma casa. Assim, somos todos sábios e ignorantes relativos, extremamente dependentes do saber uns dos outros.

Para que um dispositivo tecnológico supere os entraves proporcionados pelos diferentes contextos socioambientais citados anteriormente, é indispensável que se estabeleça uma frente de construção conjunta destas soluções de engenharia que alie tanto engenheiros como os

habitantes e atores do contexto em questão. É chamado de diálogo entre os saberes esse processo de troca de informações e de pesquisa científica no qual os engenheiros seriam os detentores do saber científico, e a população local os detentores do saber tradicional. Podemos ampliar os detentores do saber científico, grosso modo, à academia de um modo geral e a todos aqueles que receberam uma formação dentro de seus padrões, assim como, podemos considerar que qualquer pessoa formada em alguma técnica ou conhecimento adquirido empiricamente detém o saber tradicional.

A emergência do diálogo entre saberes como ferramenta de construção do conhecimento é fruto do mesmo esforço de correção epistemológica observado anteriormente com a crise do paradigma científico moderno, que originou igualmente a TS. Trata-se de reatar os laços entre a via científica moderna, oriunda do método cartesiano, e uma grande parte da sociedade que dela foi progressivamente excluída e que possui conhecimentos valiosos sobre o contexto no qual está inserida. No modelo acadêmico vigente, propalado por todo o mundo, a escalada da especialização e as sucessivas fragmentações do conhecimento puseram fim à epistemologia das interfaces entre os diferentes tipos de saber, deslegitimando no processo todo conhecimento que se desenvolvesse fora deste molde. Com isso em mente, pensadores do novo paradigma científico interdisciplinar recorrem à ajuda de verdadeiros mestres que se encontram à margem da ciência na busca por soluções compartilhadas para os problemas contemporâneos. Com esta reintegração haveríamos então uma condição *sine qua non* para o desenvolvimento de qualquer TS:

Um saber inter e/ou transdisciplinar que[...] deveria superar uma visão fragmentada dos objetos e dos acontecimentos, construir o conhecimento da totalidade das coisas, permitir um intercâmbio entre os diversos conhecimentos, unificando-os numa totalidade; abrindo o caminho para pesquisas que consideram a contribuição das diferentes áreas do saber e dos saberes produzidos pelas experiências sociais. (SILVA; GARAVELLO, 2006)

O papel da Universidade apontado por Santos (2003) *apud* Silva e Garavello (2006) para o estabelecimento de condições genuinamente dialógicas neste processo é fundamental pelo seu posto de propositora de “alternativas para a luta contra a exclusão e a discriminação social”. Além disso, a prática da extensão universitária representa um instrumento privilegiado para a consolidação do diálogo entre os saberes e permite aos alunos e futuros profissionais experiências sociais extremamente enriquecedoras. O autor ainda afirma que a academia muitas vezes dispensa e até invalida estas experiências e que esta riqueza social está sendo desperdiçada. Reciprocamente, é necessário também que o saber acumulado pela ciência e estocado pela academia se difunda para além das barreiras da Universidade. Neste ponto, divulgação científica e diálogo entre saberes unem-se na função de promover a inclusão científica de comunidades situadas fora dos pólos de produção do conhecimento.

É preciso portanto considerar ambas as partes envolvidas nesta relação dialógica, seus aportes e o que cada uma espera receber. Isso é indispensável para que haja uma verdadeira comunicação entre os saberes, socialmente igualitária e justa. O aproveitamento indevido da situação de troca intelectual estabelecida entre acadêmicos e detentores do saber tradicional pode configurar em alguns casos uma exploração abusiva pelos primeiros de direitos à propriedade intelectual dos segundos. Essa é uma polêmica que está no centro das discussões sobre o diálogo que se estabelece cada vez mais entre pesquisadores científicos e comunidades indígenas, em especial no território amazônico, região cuja enorme biodiversidade abriga potencialmente um elevado valor comercial. Por outro lado, as comunidades que acolhem cientistas e investimentos de fundos de pesquisa para o desenvolvimento de atividades econômicas são igualmente responsáveis pela gerência e transmissão do conhecimento recebido, bem como pela manutenção de equipamentos, não podendo portanto beneficiar-se passivamente de subsídios tecnológicos sem que estes sejam

convertidos em um estreitamento de sua conexão com o saber científico. Estes são dois exemplos de usos impróprios da delicada relação que se estabelece dentro do quadro do diálogo entre saberes. É de difícil medida o equilíbrio que deve ocorrer entre o retorno para a academia e o retorno para a comunidade, tanto do ponto de vista financeiro como da propriedade intelectual e do conhecimento adquirido.

Existem ainda outros entraves para a plena fruição deste diálogo. A sistemática divisão do conhecimento científico em pequenos blocos estanques é um dos maiores obstáculos não apenas para o diálogo entre os saberes, como também para a solução de problemas transdisciplinares. Os contextos nos quais costuma haver diálogo entre saberes são justamente aqueles em que é preciso conciliar ao mesmo tempo variáveis sociais, ambientais, culturais, políticas, econômicas e técnicas. Basta imaginar novamente a região amazônica para percebermos que nela trabalham profissionais das mais diversas especialidades como antropólogos, ambientalistas, químicos e biólogos. Em seu estudo de caso sobre o Vale do Ribeira em São Paulo, Silva e Garavello (2006) indicam as dificuldades encontradas por uma equipe multidisciplinar para integrar as informações coletadas devido a uma falta de discursos e referências comuns. Algo similar acontece na comunicação entre os diferentes representantes de cada um dos saberes. Existe uma dificuldade de assimilação das informações transmitidas por ambas as partes. Silva e Garavello (2006) constataram por exemplo que as práticas para evitar o ataque por fungos que se tentou introduzir aos artesãos de fibra de bananeira não foram incorporadas por eles.

4.3 A pesquisa-ação

A terceira implicação do desenvolvimento conjunto da TS por Engenheiros Educadores e seus usuários locais se materializa pela adoção de uma outra prática de pesquisa, a pesquisa-ação. Os aportes desse marco conceitual, atribuído ao psicólogo norteamericano Kurt Lewin, foram a defesa da “participação democrática dos trabalhadores nas pesquisas sobre o trabalho e nas tomadas de decisão” (analogamente ao modelo de TS), e a proposta de uma “relação mais próxima da pesquisa e da ação, que incentivasse os pesquisadores a saírem de seus laboratórios para se depararem com controvérsias do mundo real” (ADDOR, 2006).

Segundo Addor (2006), a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa aplicada, que envolve métodos participativos e de valorização do conhecimento popular, e difere da pesquisa básica pois nela:

o estudo não tem apenas como responsabilidade registrar as informações, fazer e verificar hipóteses, elaborar teorias; é necessário que ele contribua para transformar a realidade e que reflita em melhorias efetivas para as pessoas envolvidas. E o conhecimento que servirá de base para a construção das ações não será mais somente o desenvolvido dentro dos centros de pesquisa, pelos pesquisadores. Este será somado ao conhecimento dos indivíduos envolvidos na pesquisa. (ADDOR, 2006)

Assim, como afirma Thiollent (2005), a pesquisa-ação é uma metodologia participativa e propositiva que permite que se estabeleçam relações entre reflexão e ação nos processos sociais de identificação e resolução de problemas, o que concorre para a atuação de Engenheiros Educadores.

Além disso, a pesquisa-ação também surge como contraponto às pesquisas de orientação positivista ao buscar "equacionar questões relevantes dentro da situação social" (MACKE, 2005). E, conforme o que se espera de um Engenheiro Educador, contrariamente às pesquisas convencionais, a pesquisa-ação "facilita a criação de soluções voltadas para um futuro desejável, permite a colaboração entre pesquisadores e os participantes envolvidos, contribui para o desenvolvimento da capacidade sistêmica de identificação e solução de problemas, gera teoria fundamentada na ação, e adapta-se a cada situação respeitando a dinamicidade do

sistema" (THIOLLENT, 1994)

5 Conclusão

Assim, comprometidos com processos participativos, os engenheiros educadores atuam não só como engenheiros, mas também como educadores populares (FRAGA et al., 2007). Por se tratar de uma atuação ainda pouco difundida no meio acadêmico devido ao domínio do pensamento convencional da engenharia, desligado de qualquer contextualização social, podemos considerar a prática do Engenheiro Educador como ainda marginal, tanto para docentes quanto para discentes. Cabe ressaltar portanto a importância de atividades ligadas à extensão universitária e à incubação para proporcionar mais oportunidades de contato dos engenheiros com a prática da Tecnologia Social e a possível atuação como Engenheiro Educador.

Se bem difundida, a prática da TS pode gerar engenheiros mais críticos quanto ao seu papel dentro da sociedade, mais sensíveis às diferentes formas de conhecimento, e capazes de desenvolver seu trabalho em Ciência e Tecnologia de maneira mais contextualizada e assim gerar ações sociais com benefícios diretos para os atores da sociedade.

Para fomentar tais ações é imprescindível que o futuro engenheiro tenha contato com práticas socialmente contextualizadas durante sua formação, o que, tradicionalmente, não é o caso. A adoção de um enfoque CTS nos currículos, aliada a atividades como projetos de extensão e de iniciação científica, serve de base para uma primeira apreensão das dimensões reais da profissão do engenheiro, para além de questões meramente técnicas. A noção da tecnologia como fruto de uma negociação aberta entre as diferentes partes afetadas pela sua implantação vem ganhando importância com a crescente demanda por responsabilidade social e ambiental. Os engenheiros devem aprender a conceber a tecnologia não mais verticalmente, como uma solução a ser imposta, mas dentro de um debate democrático no qual os diversos interesses da sociedade encontram-se representados. Para tanto, é preciso repensar velhas estruturas de pensamento para adaptá-las a uma nova realidade.

6 Referências bibliográficas:

ADDOR, F. *Pesquisa-ação na cadeia produtiva da pesca em Macaé*. 162p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 03/2006.

AULER, D. Alfabetização científico-tecnológica: um novo paradigma?. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, Vol. 05, n. 1, mar. 2003. Disponível em: <http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/viewArticle/60>. Acesso em: 07/10/2009.

BAZZO, W. A. A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica. *Revista Iberoamericana de Educação*, n. 28, jan/abr, 2002, pp. 83-99. Disponível em: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/800/80002804.pdf>. Acesso em 07/10/2009.

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

BEDER, S. *The New Engineer: Management and Professional Responsibility in a Changing World*. Austrália: MacMillan, 1998. 342p.

CATALANO, G; BAILLIE, C. *Engineering and society working towards social justice*. San Rafael Calif. (1537 Fourth Street San Rafael CA 94901 USA): Morgan & Claypool Publishers, 2009.

DAGNINO, R. A tecnologia social e seus desafios. In: *Tecnologia Social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004. p. 187-209.

———. O pensamento latino-americano em ciência, tecnologia e sociedade(PLACTS) e a obra de Andrew Feenberg. In: Neder, Ricardo T. (org.), *Andrew Feenberg: racionalização democrática, poder e tecnologia*.

Brasília: Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina/Centro de Desenvolvimento Sustentável - CDS. Ciclo de Conferências Andrew Feenberg. série Cadernos Primeira Versão. A construção crítica da Tecnologia e Sustentabilidade. Vol. 1. Número 3, 2010.

DAGNINO et al. (2004). Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. In: *Tecnologia Social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004. p. 15-65.

DAGNINO, R. ; NOVAES, H (2008). O papel do engenheiro na sociedade. *Revista Tecnologia e Sociedade*, n. 6, 1o semestre de 2008, Disponível em: http://www.ppgte.ct.utfpr.edu.br/revistas/tecsoc/rev_sumario_06.htm. Último acesso em 10/06/2010.

DWEK, M. *Perspectivas para a formação em Engenharia: o papel formador e integrador do engenheiro e o Engenheiro Educador*. 140p. Trabalho de Formatura (Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, 12/2008.

FEENBERG, A. Teoria Crítica da Tecnologia: um Panorama. In: Neder, Ricardo T. (org.), *Andrew Feenberg: racionalização democrática, poder e tecnologia*. Brasília: Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina/Centro de Desenvolvimento Sustentável - CDS. Ciclo de Conferências Andrew Feenberg. série Cadernos Primeira Versão. A construção crítica da Tecnologia e Sustentabilidade. Vol. 1. Número 3, 2010.

FLUSSER, V. Nossa Comunicação. In: *Pós-História*. São Paulo: Livraria Duas Cidades, pp. 57-65, 1983.

———.; Ströhl, Andréas (Ed.). *Writings*. Tradução de Erik Eisel. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2002. 256p.

———. *O universo das imagens técnicas*. São Paulo: Annablume, 2008.

FRAGA, L. S. ; SILVEIRA, R. ; VASCONCELLOS, B. *O Engenheiro Educador*: Grupo de Estudo e Pesquisa em Economia Solidária, UNICAMP, 2007.

FRAGA, L. S. *O curso de graduação da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP: uma análise a partir da educação em ciência, tecnologia e sociedade*. 86p. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 24/08/2007.

FREIRE, P. *Educacion y cambio*. Tradução de Moacir Gadotti e Lillian Lopes Martins. 31ª edição. Rio de Janeiro: Paz e terra, 1979. 79p.

———. *Pedagogia do oprimido*. São Paulo: Paz e Terra, 2005.

HORKHEIMER, M. Teoria Tradicional e Teoria Crítica. In: *Textos Escolhidos*. Coleção "Os Pensadores". São Paulo: Abril Cultural, pp. 117-154, 1980.

IMAFUKU, R. *A teoria e a prática do "trickster" em Vilém Flusser e Masao Yamaguchi*. São Paulo, Centro Universitário de Belas Artes de São Paulo, 25/10/2008. Palestra.

JACINSKI, E. A perspectiva histórica e sócio-cultural das Ciências enquanto possibilidade de aproximação dialógica entre formação científica e humana na educação tecnológica. In: *Anais do I SINECT*. PPGECT/UTFPR, 2009.

LATOUR, B. *Nous n'avons jamais été modernes*. Tradução de Carlos Irineu da Costa. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1994. 152p.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. *Laboratory life: the construction of scientific facts*. Princeton N.J.: Princeton University Press, 1986.

LAUDARES, J. B. ; RIBEIRO, S. Trabalho e formação do engenheiro. *Revista brasileira de estudos pedagógicos*, Brasília, v. 81, n. 199, p. 491-500, set./dez. 2000.

MACKE, J. A pesquisa-ação como estratégia de pesquisa participativa. In: GODOI, C. K. ; BANDEIRA DE MELLO, R. ; SILVA, A. B. (org.) *Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais*. Paradigmas, estratégias e métodos. São Paulo: Saraiva, 2005. Cap. 7 pp. 207-239.

MORIN, E. *On complexity*. Cresskill N.J.: Hampton Press, 2008.

NASCIMENTO, T. G. ; LINSINGEN, I. Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o ensino de ciências. *Convergencia*, n. 42, set.-dez. 2006. Disponível em : <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/105/10504206.pdf>. Acesso em: 07/10/2009.

PAIXÃO, E. L. ; LAUDARES, J. B. ; VIGGIANO, A. R. O ensino de engenharia e a formação do engenheiro: contribuição do programa de mestrado em tecnologia do CEFET-MG – Educação Tecnológica. In: *Anais...*

XXXIV Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006.

SANTOS, B. S. *Um discurso sobre as ciências na transição para uma ciência pós-moderna*. Estud. av. , São Paulo, v. 2, n. 2, 1988 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141988000200007&lng=&nrm=iso>. Acesso em: 1/11/2008

SANTOS, W. L. P. ; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. In: *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*. vol. 2 nº2, 2002, pp. 1-23.

SILVA, M.R. ; GARAVELLO, M. E. P. E. Diálogo entre saberes: uma experiência acadêmica no Vale do Ribeira/SP. In: *Anais do III Encontro da ANPPAS*, Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro3/arquivos/TA74-03032006-144000.PDF>. Acesso em: 12/12/2008

THIOLLENT, M. *Metodologia de pesquisa-ação*. 6a. ed. São Paulo: Cortez, 1994.

———. Perspectivas de metodologia de pesquisa participativa e de pesquisa-ação na elaboração de projetos sociais e solidários. In: LIANZA, S. ; ADDOR, F. (org.) *Tecnologia e desenvolvimento social e solidário*. Porto Lagere: Ed. UFRGS, 2005, pp. 172-189.

TYGEL, A.; DWEK, M.; ALVEAR, C. A. S.; ADDOR, F.; HENRIQUES, F. C. Tecnologias Sociais: aplicações e limites do conceito em projetos de engenharia. In: *Anais VIII ESOCITE*. Buenos Aires, 2010 (ainda não publicado).

VALÉRIO, M. ; BAZZO, W. A. O papel da divulgação científica em nossa sociedade de risco: em prol de uma nova ordem de relações entre ciência, tecnologia e sociedade. *Revista Iberoamericana de Ciência, Tecnologia, Sociedad e Innovación*, n. 7, set./dez. 2006. Disponível em: <<http://www.oei.es/revistactsi/numero7/articulo02b.htm>>. Acesso em: 01/12/2008.

von LINSINGEN, I. *O enfoque CTS e a educação tecnológica: origens, razões e convergências curriculares*. NEPET, UFSC, 2007. Disponível em <http://www.nepet.ufsc.br/Artigos/Texto/CTS%20e%20EducTec.pdf>. Acesso em: 19/12/2009

von LINSINGEN, I. ; et al. Falando do conteúdo uma visão do NEPET. In: *Formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares, questões contemporâneas de educação tecnológica*. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.