



Formação Crítica em Matemática: uma questão curricular?¹

Helena Noronha Cury²

Walter Antonio Bazzo³

"Quem construiu as portas de Tebas? Nos livros constam nomes de reis. Foram eles que carregaram as rochas?" (B. Brecht)

Resumo

Neste artigo, são discutidos alguns problemas do ensino de disciplinas matemáticas em cursos da área de ciências exatas, especialmente aqueles relacionados com a falta de questionamentos e debates sobre as relações entre as ciências, a tecnologia e a sociedade. Muitas IES estão promovendo mudanças nos currículos dos seus cursos de graduação, o que permitiria a introdução de estudos sociais sobre as ciências e a tecnologia (estudos CTS). A partir de uma rápida conceituação destes estudos, é apresentada uma sugestão para sua introdução nos currículos das licenciaturas em Matemática, com o objetivo de proporcionar uma formação crítica aos futuros professores dessa disciplina.

Abstract

In this paper, we discuss some problems with teaching mathematical subjects in undergraduate courses in the exact sciences, in particular the lack of questioning and debating about the relationship between science, technology, and society. Many universities are promoting changes in the curricula of their undergraduate courses which would permit the introduction of social studies about science, technology, and society (CTS) studies). Through a brief presentation of these studies, we suggest their introduction into the curricula of undergraduate math courses, with the objective of promoting the critical education of future math teachers.

1. Introdução

As mudanças no sistema educacional brasileiro a partir da nova LDB vêm trazendo uma série de questionamentos, em qualquer nível de ensino. Nos cursos universitários da área de ciências exatas, ao considerarmos as diretrizes curriculares para as Licenciaturas em Matemática e para a Engenharia (Brasil, 2001a, 2001b) e compararmos as habilidades requeridas para os graduandos de ambos os cursos, podemos perguntar: por meio das mudanças curriculares serão desenvolvidas as

¹ Digitalizado por Flávia Sueli Fabiani Marcatto, Rosana Maria Mendes e Sandra Aparecida Oriani Fassio.

² Professora da PUC/RS.

³ Professor da UFSC.

capacidades de debater opiniões, de criticar e de posicionar-se frente aos problemas sócio-político-econômicos da comunidade?

A situação atual dos cursos de Engenharia e de Licenciatura em Matemática é bastante variada, porque muitos ainda estão estruturados segundo as normas vigentes até 1997, ano em que houve um chamamento às Instituições de Ensino Superior para que apresentassem propostas de diretrizes curriculares para os cursos de graduação, a serem sistematizadas pelas Comissões de Especialistas de cada área.

Nestes documentos, ainda em discussão pela Comissão Nacional de Educação, vemos que tanto os futuros engenheiros como os licenciados devem ser capazes de aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à sua área específica; identificar problemas e resolvê-los, elaborando modelos e interpretando dados; comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica; avaliar o impacto da atividade e o papel do profissional no contexto social e ambiental; trabalhar em equipes multidisciplinares.

Certas peculiaridades dos cursos de Engenharia e de Matemática, porém, fazem com que se estabeleçam barreiras para a implantação de reformas curriculares que venham atender as sugestões das Comissões de Especialistas do MEC. Os matemáticos ainda têm muito presente a “matriz” platônica que coloca esta ciência em um pedestal, acrescida do formalismo e rigor que nela se estabeleceram nos séculos XVIII e XIX. A engenharia, por sua própria constituição, voltada para os problemas concretos, tem um viés pragmático que faz com que alunos (e, muitas vezes, os próprios coordenadores dos cursos) questionem a validade da apresentação de tópicos teóricos de matemática, com a justificativa de que vão necessitar apenas da compreensão do conceito e da forma de aplicar. Atualmente, com o advento das calculadoras e computadores, mesmo as regras são consideradas dispensáveis, pela idéia equivocada de que as máquinas podem efetuar qualquer cálculo.

Assim, se mudanças são desejadas (e acreditamos que, além de desejadas pela comunidade acadêmica, também o são pela sociedade), é necessário que se estabeleçam discussões sobre vários pontos cruciais para a Educação Matemática e tecnológica em nossos cursos universitários.

2. Alguns Problemas do Ensino de Disciplinas Matemáticas

Os docentes que lecionam disciplinas matemáticas em cursos da área de ciências

exatas são, em geral, licenciados ou bacharéis em Matemática, com pós-graduação em Matemática Pura ou Aplicada; alguns poucos têm mestrado ou doutorado em Educação ou Educação Matemática. Assim, nesses cursos as modificações precisam ser profundas, porque envolvem uma nova atitude a ser adotada pelos professores, que devem abandonar o papel de transmissores do conhecimento e auxiliar os estudantes a construir seu próprio conhecimento. A apresentação axiomática da Matemática, especialmente para aqueles docentes que assumem uma pedagogia tradicional, tem sido a forma mais adequada de ensinar um conteúdo, pois os termos são definidos, os axiomas aceitos, os teoremas demonstrados e os exemplos e problemas reduzidos a um mínimo necessário, apenas para ilustrar o conceito.

Uma mudança de perspectiva vem se delineando na Educação Matemática brasileira desde que as idéias de Piaget se fizeram presentes, a partir dos anos 70. Ainda que conflitante com a tendência tecnicista dominante, o construtivismo piagetiano foi sendo difundido e amalgamou-se com as correntes que se preocupam com os aspectos socioculturais do ensino da Matemática.

O grande número de pesquisas em ensino de Matemática envolvendo resolução de problemas, a partir dos anos 80, mostra algumas influências estrangeiras: as idéias de Polya, os estudos sobre metacognição e as concepções de Vergnaud são exemplos de pressupostos incorporados, às vezes acriticamente, à fundamentação teórica de propostas curriculares que enfatizam a resolução de problemas como metodologia preferencial.

Outra influência que se faz presente sobre os currículos de Matemática é a dos *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics* (1989) americanos. Suas idéias não são trabalhadas diretamente pelos professores do ensino fundamental ou médio, mas são assumidas por novas propostas institucionais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), que também trazem idéias das reformas curriculares de Portugal e Espanha. No entanto, apesar de lançados em 1995, estes *parâmetros* estão chegando às salas de aula somente através de livros didáticos que incorporam suas sugestões, pois os professores têm inúmeras dificuldades em colocá-las em prática, à exemplo do que aconteceu com os *Standards* nos Estados Unidos. A possibilidade de discutir os PCNs, portanto, deveria estar contemplada nos novos currículos de Licenciatura em Matemática.

Nos cursos de Engenharia, o planejamento das aulas de Matemática é ainda mais complexo, pois os professores precisam despir os conteúdos de suas “roupagens

domingueiras” e vesti-los com as peças simples do dia-a-dia, aquelas que os engenheiros civis, mecânicos ou eletricitistas vão precisar nas tarefas básicas de suas respectivas áreas. Ainda que se possa tentar justificar a necessidade de um saber mais elaborado, de uma teorização mais profunda para os conteúdos apresentados, sempre é necessário *transportar* o saber produzido pelos matemáticos para um nível mais prático e aplicável.

No entanto, tanto nas licenciaturas em Matemática quanto nas engenharias, em geral a Matemática se apresenta isolada dos outros conteúdos e especialmente do mundo em que estão inseridos os alunos, futuros professores ou engenheiros. A discussão sobre as conseqüências do uso dos conhecimentos matemáticos, científicos e tecnológicos para a sociedade como um todo, quando realizada nos cursos em questão, o é por meio de disciplinas gerais, como Sociologia e Filosofia da Ciência, presentes como obrigatórias ou optativas em alguns cursos da área de ciências exatas, ou então em alguns itens de disciplinas básicas, como Introdução à Engenharia, ministrada em algumas IES brasileiras.

Pesquisas realizadas com alunos calouros de Cálculo Diferencial e Integral sobre atitudes, sentimentos e crenças a respeito de ciências e Matemática (Cury e Pinent, 2000), mostram que as concepções de ciências destes estudantes são contraditórias e que muitos assimilam acriticamente idéias veiculadas pelos meios de comunicação, sem se preocuparem em discuti-las e questioná-las. Em geral, considera-se que as concepções dos alunos são influenciadas pelas de seus mestres, que os tomam como modelos para suas futuras práticas. Dessa forma, as idéias dos futuros licenciados em Matemática vão ter uma importância muito grande sobre a formação científica dos jovens. Também as atitudes dos professores dos cursos de Engenharia em relação às conseqüências do uso da tecnologia vão moldar as práticas dos futuros engenheiros. Nos dois casos citados, essas influências vão ter reflexos sobre a sociedade como um todo, pela disseminação das idéias assumidas pelos professores.

O ensino de Matemática em cursos de graduação nas IES brasileiras (e não nos parece que a situação seja muito diferente em outros países) ainda é muito tradicional, livresco (ou, o que é pior, às vezes “apostileSCO”), preocupado com fórmulas, com regras, com tabelas. As aplicações dos conteúdos, quando são mencionadas em um curso de Cálculo Diferencial e Integral, por exemplo, o são no início das aulas, para “motivar” os alunos de uma determinada área. Os livros didáticos atuais também apelam para este recurso, mostrando soluções para problemas típicos das mais diversas áreas

em que o conhecimento de derivadas e integrais é fundamental.

Até alguns anos atrás, os currículos dos cursos de formação de professores de Matemática enfatizavam as disciplinas de Matemática Pura ou Aplicada, em detrimento daquelas que apresentavam aspectos do contexto em que seria desenvolvida a prática dos futuros mestres. Dessa forma, quaisquer tentativas de mostrar aplicações em áreas sociais ou de modificar a forma de ensinar eram alvo de chacota por parte de alguns matemáticos que se consideravam "donos da verdade". Aos poucos, no entanto, as mudanças socioculturais que massificaram o ensino e homogeneizaram o fracasso escolar fizeram com que alguns pesquisadores das áreas de Educação ou Psicologia começassem a questionar a imagem de certeza e credibilidade que cercava a Matemática. No Brasil, em congressos que marcaram época⁴, foram sendo discutidas experiências inovadoras no ensino dessa ciência.

No entanto, apesar de aceitar a falibilidade de certas verdades ou do próprio método de ensino empregado na maior parte das escolas, os matemáticos e professores dessa disciplina ainda resistem à idéia de que "sua" Matemática tem o mesmo caráter de qualquer outra ciência, ou seja, que é gerada pelas necessidades práticas e construída para atender às demandas da sociedade. No entanto, deveriam lembrar-se de que, mesmo aqueles matemáticos que desenvolvem estudos em áreas tão restritas que formam um tipo de comunidade fechada⁵, algum dia podem ter suas criações aproveitadas em alguma construção técnica, haja vista o exemplo da Álgebra de Boole, que veio embasar a linguagem dos computadores anos após a morte de seu criador.

3. Problemas Específicos do Ensino de Disciplinas Matemáticas nas Licenciaturas e nas Engenharias

A reforma universitária de 1968, ao criar os departamentos e remanejar os professores, de certa forma desarticulou o ensino de Matemática nos cursos da área de ciências exatas. Docentes que há anos trabalhavam em conjunto com colegas de outras disciplinas — engenheiros, arquitetos, físicos, químicos, educadores — acostumavam-se a adequar suas aulas ao curso de cujo corpo docente faziam parte. No momento em que passaram a freqüentar outros prédios apenas para lá ministrar suas aulas, estes professores perderam o contato com as

⁴ Como o II Congresso Nacional de Ensino da Matemática, realizado em Porto Alegre em 1957.

⁵ Davis e Hersh, com muita ironia, dão um exemplo deste tipo de matemático na obra: DAVIS, P. J.; HERSH, R. **A experiência matemática**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1985. p.61-71.

discussões teóricas que se desenvolviam entre os colegas, em reuniões ou mesmo informalmente, nos intervalos de aula. Dessa forma, foi se aprofundando cada vez mais o fosso entre a formação matemática e a específica de cada área.

Muitos desses professores, agora com possibilidade de homogeneizar suas discussões, foram deixando de lado as questões filosóficas, educacionais, políticas e sociais, enfatizando apenas o caráter matemático de suas aulas e pesquisas. A par dessa situação, a exigência de titulação para os docentes do ensino superior faz com que muitos professores de Matemática procurem cursos de pós-graduação que lhes permitam, no menor tempo possível, obter os graus de mestre ou doutor. Nesses cursos, especialmente se são específicos da área — Matemática Pura, Aplicada ou Computacional — há pouquíssimas oportunidades de estudar ou discutir aspectos sociopolíticos da nossa realidade. Ao retornar aos cursos em que lecionam esses docentes, agora “autorizados” a fazer pesquisas, as realizam em tópicos específicos, em continuação aos trabalhos de pós-graduação. Raramente se encontram professores universitários de Matemática pesquisando os problemas sociais do uso acrítico das ferramentas matemáticas, por exemplo.

Vasconcelos (1996), em rápidas pinceladas, traça o perfil dos docentes encontrados em nossas universidades, citando o *professor*, o *conscientizador* e o *pesquisador*. A autora ainda comenta a existência daqueles que tentam conciliar docência e pesquisa, mas que, pelo excesso de trabalho que às vezes invade sua vida privada, acabam prejudicando uma ou outra atividade.

Os professores universitários de Matemática não fogem a essa classificação de Vasconcelos. Muitas vezes, suas atuações nos cursos de licenciatura ou nas engenharias vêm, ainda, matizadas pela posição elitista dessa ciência, que faz com que considerem “perda de tempo” discutir quaisquer assuntos que fujam da apresentação “burocrática” dos conteúdos programáticos. Quando solicitados a discutir reformulações curriculares, por exemplo, esses professores evitam se expor, pois, em geral, sua formação matemática teve os mesmos problemas citados, ou seja, eles não aprofundaram as aplicações dessa ciência às outras áreas, não discutiram as conseqüências do uso das ferramentas matemáticas, apenas aprenderam a usá-las, com muita propriedade, com muitos detalhes, mas absolutamente descontextualizadas.

Para exemplificar este ponto, vamos discutir um item do conteúdo de Cálculo Diferencial e Integral, funções hiperbólicas, em geral apresentadas em livros-texto dessa disciplina. Na determinação das derivadas, inversas e derivadas das inversas dessas

funções há muitos cálculos, de que os alunos reclamam. Muitos professores, então, eliminam esse item do programa, com a desculpa de que somente os engenheiros eletricitas vão trabalhar com a curva denominada “catenária”⁶.

No entanto, se esses professores discutissem os programas de Cálculo com os colegas de outras áreas, saberiam que outros cursos também precisam das funções hiperbólicas, como a arquitetura⁷ e a engenharia mecânica⁸, sem falar na própria licenciatura em matemática, cujos formandos devem conhecer, pelo menos, as funções que modelam fenômenos físicos presentes no cotidiano e a história de descobertas relacionadas com essas funções e que deram impulso ao desenvolvimento da Matemática⁹

Por que o estudo das funções hiperbólicas é abandonado? Apenas pelas reclamações dos alunos? Seguramente não, pois há outros conteúdos supostamente difíceis, também evitados pelos estudantes (tais como a noção de limite) e que são sistematicamente apresentados em qualquer curso de Cálculo. Talvez alguns professores dessa disciplina, por não conhecerem aplicações para as hiperbólicas, não vêem “utilidade” para esse estudo.

Mas, se partíssemos de problemas reais, relacionados, por exemplo, com a transmissão de eletricidade, com os custos de construção e manutenção das redes, com as causas da falta de energia, com suas conseqüências para a economia do País e para as populações mais diretamente atingidas pelos racionamentos, então a decisão de eliminar as funções hiperbólicas do conteúdo programático do Cálculo nem seria cogitada.

A par dessas atitudes dos professores de Matemática, também podemos apontar problemas originados pelos alunos, que trazem para o ambiente escolar toda uma carga cultural que os faz esperar (e quase exigir) determinados comportamentos de seus mestres. Esperam, por exemplo, que o professor seja o mais objetivo possível na apresentação do conteúdo disciplinar e que mostre total familiaridade com o assunto que transmite, o que, segundo seu entendimento, demonstra conhecimento, transmitindo-

⁶ Quando cabos flexíveis e homogêneos, como os telefônicos e os de eletricidade, são suspensos, sob seu próprio peso, entre dois pontos, formam curvas chamadas “catenárias”, cuja equação envolve cosseno hiperbólico.

⁷ O Gateway Arch, construído em St. Louis, Missouri, teve projeto arquitetônico baseado em uma curva invertida do cosseno hiperbólico. (Anton, 2000).

⁸ As funções hiperbólicas são usadas genericamente em problemas nos quais a energia mecânica é gradualmente absorvida pelo meio ambiente. (Ibid.).

⁹ O problema de determinar a verdadeira forma da catenária originou-se de uma hipótese de Galileu, refutada por Huygens em 1646; foi retomada por Jacques Bernouilli em 1690 e só foi totalmente resolvida em 1691, em estudos independentes feitos por Leibniz, o próprio Huygens e Jean Bernouilli. (Simmons, 1987).

lhes confiança. Esta característica, aliás, faz parte das expectativas dos alunos a respeito do que seria um bom profissional, que agiria então com precisão técnica. Os próprios professores passam, então, a ratificar, através de seu comportamento, essa missão de representar o profissional em ação — seja ele o pesquisador matemático ou o professor-engenheiro (Bazzo, 1998).

A busca de subsídios para modificar essas situações e proporcionar um estudo crítico e interdisciplinar da ciência e da tecnologia no contexto social parece-nos, portanto, fundamental.

4. Alguns Aspectos Sociais da Educação Matemática

O ensino de disciplinas matemáticas em cursos da área de ciências exatas, pelos problemas já apontados acima, não dá margem a discussões sobre assuntos alheios à temática exclusiva da sala de aula. Se citados, o são *en passant*, como se o ponto de vista do professor representasse a única verdade. Por exemplo, quando um aluno comete um erro de cálculo elementar e o professor de Matemática "desconta pontos", em geral é questionado pelo estudante, que não se conforma: "Mas é só o sinal trocado!" Para se justificar, o professor muitas vezes recorre a imagens de desastres: "Se você vai calcular a estrutura de uma ponte ou de um viaduto, um erro desses pode significar uma tragédia." No entanto, a diferença entre o fato — erro de cálculo em operação elementar — e as conseqüências — perdas irreparáveis — é tão grande, que o aluno não se sensibiliza e a mensagem se perde. Por que não aproximar os extremos, partindo da discussão sobre algum desastre recente (a explosão na plataforma P-36 da Petrobrás é um exemplo) e pinçar os elementos que estão relacionados com a Matemática? Parafraçando Brecht, quem projetou os dispositivos de segurança daquele modelo de plataforma? Nas especificações técnicas devem constar os nomes da firma e dos principais engenheiros. Foram eles que fizeram os cálculos matemáticos?

Se os profissionais mais diretamente envolvidos em um determinado projeto já ficam "empurrando a culpa" para outros, o que dizer dos matemáticos, responsáveis por uma parcela supostamente pequena do trabalho? No entanto, se eles tivessem sido acostumados a questionar a razão pela qual efetuam determinados procedimentos, talvez suas perguntas despertassem dúvidas naqueles que utilizam os cálculos. Estamos falando de matemáticos, mas também podemos pensar em professores de Matemática, talvez com muito mais razão, pois estes, como educadores, tem a responsabilidade social de despertar o pensamento crítico de seus alunos sejam eles os futuros

professores, os profissionais liberais ou mesmo os operários, aqueles que vão "carregar as rochas".

Nos últimos anos, o uso de computadores no ensino, em qualquer nível, vem sendo considerado o fator desencadeador de mudanças. No entanto, a crença na infalibilidade das máquinas, a constante atualização de equipamentos e programas, a maciça aquisição de computadores e *software* pelas IES, às vezes no afã de "modernizar" os cursos a serem avaliados pelo MEC, tudo isso faz com que os aspectos sociais da informatização do ensino de Matemática devam ser levados em conta pelos educadores matemáticos preocupados com questões curriculares.

Nos cursos da área de ciências exatas, por exemplo, os *softwares* de computação algébrica são bastante empregados em aulas de disciplinas matemáticas. No entanto, este uso é feito sem maiores questionamentos sobre sua necessidade, sobre os problemas dos *softwares*, sobre os erros que podem ser transpostos para os cálculos que os profissionais estão executando e, conseqüentemente, para a realização dos projetos dependentes desses cálculos.

Evidentemente, aceitamos o uso de microcomputadores em aulas de disciplinas matemáticas, pois o não aproveitamento desse recurso traria conseqüências mais graves do que seu uso acrítico. Afinal, os futuros profissionais estarão desenvolvendo suas atividades em uma sociedade informatizada, em que a destreza no uso de computadores é requisito para a entrada no mercado de trabalho. Porém, mais importante do que saber os rudimentos do emprego de ferramentas computacionais é saber o que fazer com elas, pois exercer um ofício é "*saber reinventá-lo sempre, todo dia, fazendo desse saber impulso permanente de mudança.*" (Demo, 1998, p.205).

A adoção de um determinado *software* poderia ser aproveitada por professores e alunos para questionamentos tais como: quais as conseqüências dessa escolha? O custo é compatível com os recursos da instituição? Ponte (2000), ao apontar os problemas gerados pelas novas tecnologias de informação e comunicação, cita os softwares "que prometem muito e dão pouco (...) pelos quais se paga uma exorbitância para logo a seguir se perceber que o produto não serve aos objetivos pretendidos." (p.66). É o caso de perguntar: que outros programas podem fazer as mesmas operações a um custo menor?

Quanto aos *sites*, quem garante a correção dos conteúdos por eles veiculados? As aplicações dos conteúdos matemáticos a outras ciências estão relacionadas com nossa realidade? Os exemplos evidenciam preocupações com os aspectos éticos,

ambientais, sociais?

Questões como essas podem e devem ser discutidas no âmbito das salas de aula dos cursos da área de ciências exatas, a partir da criação de um *locus* de debates sobre as relações entre as ciências, a tecnologia e as questões sociais.

5. Os Estudos CTS

Visto que ainda há possibilidade de discutir as mudanças curriculares para os cursos universitários e aproveitar a flexibilidade curricular trazida pela nova LDB, propomo-nos, neste artigo, a sugerir a introdução, especialmente nas licenciaturas e em disciplinas matemáticas das engenharias, dos estudos sociais da ciência e da tecnologia, ou estudos sobre CTS, que constituem um campo de trabalho no âmbito da investigação acadêmica, da educação e das políticas públicas de todos os países onde atualmente já estão mais sedimentados.

Estes estudos originaram-se há pouco mais de três décadas, a partir de novas correntes de investigação em filosofia e sociologia da ciência. O caráter geral é interdisciplinar, abrangendo disciplinas das ciências sociais e a investigação acadêmica em humanidades, como filosofia e história da ciência e da tecnologia, sociologia do conhecimento científico, teorias da educação e economia da mudança tecnológica.

Entre os objetivos dos estudos sociais sobre ciência e tecnologia, podemos salientar a promoção da alfabetização científica, mostrando a importância social da ciência; o estímulo à vocação para os estudos científicos e tecnológicos, enfatizando a necessidade de juízos críticos e análises reflexivas sobre as relações entre esses estudos e a sociedade; a diminuição do abismo entre cultura humanista e científico-tecnológica. (Bazzo et al., 2000).

Pesquisas sobre crenças em relação à matemática, às ciências e à tecnologia (Fleener, 1996; Cury e Pinent, 2000; Díaz, 2001) mostram que muitos estudantes de ensino médio ou superior manifestam incoerências nas respostas a questionários ou entrevistas. Os participantes das pesquisas parecem valorizar o conhecimento científico e os cientistas, mas não consideram que a ciência como profissão seja atrativa. Estão divididos quanto à questão da liberdade de pesquisa, pois, embora uma parte dos respondentes concorde que os cientistas devem ser livres para explorar o universo, outra parcela afirma não ser apropriado mexer com a ordem e as intenções da natureza. Também não há concordância quanto à divulgação das pesquisas e à responsabilidade

pelos seus resultados, bem como em relação à possibilidade de que a ciência resolva problemas sociais ou pessoais.

Esses resultados apontam a necessidade de um aprofundamento dos debates sobre o papel da Matemática, das ciências e da tecnologia no mundo atual e, especialmente, sobre as atitudes que vão ser tomadas pelos futuros profissionais da área de ciências exatas ao aplicar os conhecimentos às suas práticas.

Não basta conhecer as origens dos conhecimentos matemáticos e científicos e suas influências sobre a sociedade; acreditamos que os alunos precisam discutir essas influências e posicionar-se face aos tópicos abordados, para que se acostumem a criticar as informações e tomar decisões fundamentadas nas suas reflexões, de forma a aproximar a Matemática e as ciências exatas das disciplinas humanísticas, fundamentais para que se faça uma “ciência com consciência”, conforme diz Morin (1998). Em suas palavras, “*temos de caminhar para uma concepção mais enriquecida e transformada da ciência (que evolui como todas as coisas vivas e humanas), em que se estabeleça a comunicação entre objeto e sujeito, entre antropossociologia e ciências naturais.*” (p.122).

Para abordar os estudos CTS, é importante saber que há duas grandes tradições, a européia e a norte-americana. Conforme Cerezo (1998), a primeira “*que tem como fontes principais a sociologia clássica do conhecimento e uma interpretação radical da obra de Thomas Kuhn, centrou-se tradicionalmente no estudo dos antecedentes ou condicionantes sociais da ciência*” (p.4), sendo mais acadêmica do que educativa ou divulgadora.

A tradição norte-americana enfatiza as conseqüências sociais das inovações tecnológicas, sua influência sobre nossa forma de vida e nossas instituições, sendo a tecnologia entendida mais como produto. Essa tradição tem uma posição mais prática e um importante caráter valorativo, com especial interesse pela democratização dos processos de tomada de decisões em políticas tecnológicas e ambientais.

Apesar de diferenças de estilo e de conteúdo, essas duas tradições complementam-se, oferecendo uma visão crítica da ciência e da tecnologia. É importante que os estudos CTS sejam mesclados às abordagens técnicas que prevalecem no ensino de Matemática, para que a inclusão das preocupações com os aspectos sociais da análise da ciência e da tecnologia desencadeiem uma quebra da postura tradicional de transmissão de conteúdos, bem como uma motivação maior para a aprendizagem, desenvolvendo nos alunos a capacidade crítica para analisar os aspectos sociais e ambientais derivados das novas tecnologias ou do uso

de ferramentas matemáticas e tecnológicas em aplicações científicas.

Dessa forma, os estudantes estarão construindo uma imagem mais realista da natureza social da ciência e da tecnologia e a compreensão desses aspectos os levará, gradativamente, a desenvolver a habilidade de questionar as “certezas absolutas” da matemática, a detectar o uso acrítico dessa ciência e a tomar decisões sobre problemas em cujas soluções estão envolvidos conteúdos matemáticos.

6. Uma Sugestão de Introdução dos Estudos CTS em um Currículo de Licenciatura em Matemática

A maior flexibilidade curricular e a autonomia universitária oportunizadas pela nova LDB podem vir em auxílio de uma proposta de introdução dos estudos sociais da ciência e da tecnologia em cursos de Licenciatura em Matemática. Uma experiência nesse sentido está sendo realizada no curso de Engenharia Mecânica da UFSC (Pereira et al, 2000), abordando os seguintes tópicos: CTS, conceitos e tendências; perspectivas históricas sobre ciência, técnica e tecnologia; ciência, tecnologia e sociedade no mundo atual — energia, saúde e demografia, alimentação, produção industrial, telecomunicações e transportes, questões éticas e políticas

Com base nessa experiência e na fundamentação teórica desenvolvida por estudiosos de tópicos CTS¹⁰, sugerimos que, em um primeiro momento, em que tais estudos são praticamente desconhecidos nas licenciaturas em Matemática, eles sejam introduzidos em disciplinas tradicionalmente oferecidas, tais como o Cálculo, em suas várias abordagens (Cálculo Diferencial e Integral, Cálculo Numérico, Cálculo Avançado, etc.), a Álgebra, a Evolução do Pensamento Matemático, a Estatística, a Didática da Matemática, entre outras

Apenas para exemplificar, pois cada curso poderá enfocar distintamente esses assuntos, listamos alguns temas para discussão:

- o desenvolvimento da Matemática através dos séculos, visto não apenas como um desenrolar de fatos cronologicamente apresentados, mas através de um questionamento sobre as causas e conseqüências de cada descoberta ou invenção, discutindo, por exemplo, o contexto histórico e social que favoreceu seu desenvolvimento;

¹⁰ No *site* da Organización de Estados Iberoamericanos, <http://www.oei.es/cts.htm>, há indicações bibliográficas sobre os estudos CTS.

- os modelos matemáticos na Biologia, na Física, na Química, na Medicina, etc. Nesse ponto, estamos considerando a possibilidade de discutir os dados que não são levados em conta na construção de um modelo. O que se perde com a simplificação inerente a todo modelo? Quais os cuidados que se deve ter ao usar um modelo matemático, como ele pode afetar a sociedade?
- o uso da Estatística na apresentação de dados relacionados com a sociedade e o meio ambiente, debatendo as formas com que essas apresentações são às vezes utilizadas para “maquiar” os dados;
- as questões éticas e políticas relacionadas com a Matemática e seu ensino, inclusive o debate sobre a Matemática como fator de exclusão, o “poder” assumido por aqueles que detêm o conhecimento matemático, as questões de gênero.

Essa introdução de “tópicos CTS” poderia ser realizada por aqueles docentes dos Departamentos de Matemática e Estatística de uma determinada IES que já estão engajados em estudos e discussões sobre o tema. Em um segundo momento, a própria conscientização desses docentes poderia gerar palestras, cursos ou grupos de estudo na Faculdade de Matemática da IES em questão e outros professores se disporiam a trabalhar sob o enfoque CTS; também o despertar do interesse dos alunos geraria a demanda por novas possibilidades de discussão sobre os aspectos sociais da ciência e da tecnologia.

Como os professores universitários de Matemática não lecionam, em geral, apenas para os cursos de licenciatura, essas modificações seriam introduzidas, também, nas disciplinas por eles ministradas em outros cursos da área de ciências exatas, como Engenharia ou Arquitetura.

Finalmente, com um grupo de docentes capacitados e em número suficiente, poder-se-ia introduzir uma disciplina CTS no currículo da Licenciatura em Matemática daquela IES.

Para ilustrar nossa proposta de abordagem introdutória, vamos pinçar um conteúdo matemático de uma disciplina tradicional e exemplificar uma forma de enfoque mais em consonância com a proposta CTS.

7. Uma Visão Crítica Para o Estudo do Domínio de Funções

Uma das características do ensino de matemática, pelo menos em sua forma

tradicional, é a crença quase inabalável na exatidão dos cálculos, que se reflete até mesmo em expressões da linguagem corrente. Quando queremos afirmar a certeza de algum fato, muitas vezes acrescentamos: “tão certo como dois e dois são quatro”. Afirmativas como esta, no entanto, se aceitas sem questionamentos, podem levar os estudantes a desconsiderar as reais condições de utilização dos números.

No ensino de funções, por exemplo, em disciplinas de Cálculo, a determinação do domínio é um dos pontos bastante enfatizados. Entretanto, ao apresentar a lei de uma função para que o aluno determine seu domínio, o professor está apenas repetindo um exercício-padrão que qualquer livro de Cálculo indica. O aluno, por sua vez, acostuma-se a repetir os cálculos e responder corretamente, sem perguntar a razão pela qual há a necessidade de determinar tal domínio¹¹.

Tomando nosso exemplo de ensino de domínio de funções, ao invés de fazer a apresentação totalmente descontextualizada, poderíamos partir de um fato verídico e entender as conseqüências de um erro na avaliação do domínio. Em um site da Internet, (<http://dutita0.twi.tudelft.nl/users/vuik/wi211/disasters.html>) são apresentados alguns desastres causados por erros numéricos. Um deles ocorreu em 1991, durante a Guerra do Golfo, em que uma bateria de mísseis Patriot, americanos, falhou em interceptar um míssil Scud iraniano, o que fez com que este último atingisse um acampamento americano, matando 28 soldados. Qual a causa do erro? Um problema numérico, que envolve, também, domínio de uma função!

A predição do local de aparecimento do Scud é função da velocidade do míssil e do tempo da última detecção pelo radar. A velocidade é expressa por um número real, com uma parte inteira e outra decimal. O tempo, registrado continuamente pelo relógio interno do radar, é medido em décimos de segundos, mas o número 1/10 não tem uma expansão binária finita. Como os registradores do computador do Patriot têm apenas 24 bits, eles armazenam um valor truncado, introduzindo um erro no sistema que ao final de 100 horas gera uma diferença de 0,34 segundos. Ora, pela velocidade com que se desloca o Scud, há uma perda de precisão que faz com que sua próxima aparição na tela do radar seja erradamente calculada e ele não seja interceptado¹².

Partindo deste exemplo, pode ser apresentado o conteúdo e debatidas as

¹¹ Por exemplo, ao solicitar o domínio da função definida por $f(x) = \sqrt{4-x^2}$, esperando receber como resposta o conjunto $[-2, 2]$, o professor não apresenta exemplo de um fenômeno real que seja modelado por tal função. Dessa forma, ser este ou qualquer outro o conjunto-domínio é totalmente irrelevante para o aluno.

¹² Vemos, então, que este conteúdo pode ser abordado em disciplinas de Cálculo, Cálculo Numérico ou mesmo Computação.

conseqüências do uso acrítico de cálculos numéricos, as razões pelas quais as autoridades militares não previram outras possibilidades para detecção do míssil, a dependência do homem às máquinas, chegando, talvez, a abordar questões mais polêmicas (mas nem por isso menos importante), como as relações políticas internacionais e os arsenais de guerra atuais.

Os matemáticos apóiam se sempre “em ombros de gigantes”, utilizando conhecimentos construídos pelos seus antecessores. Uma das obras mais possantes dos últimos séculos é, sem dúvida, os *Principia Mathematica*, de Russell e Whitehead, cuja linguagem hermética a toma leitura para iniciados. Ao invés de se preocupar somente em entender e divulgar os *Principia*, os professores de Matemática deveriam, também, fazer das idéias de Russell leitura obrigatória nas disciplinas em que sua obra é trabalhada.

Este eminente matemático inglês iniciou seus trabalhos “*com uma crença mais ou menos religiosa num eterno mundo platônico, em que a matemática resplandecia com uma beleza que se assemelhava à dos últimos Cantos do Paraíso*” (Russell, 1958, p. 50). Ao sofrer os malefícios da Primeira Guerra Mundial, foi modificando seus interesses e passou a cultivar muito mais suas idéias filosóficas e seu engajamento político, a ponto de, no final de seus dias, declarar: “*Já não me é possível encontrar qualquer satisfação mística na contemplação da verdade matemática*” (Russell, 1960, p.189).

Não seria o caso de apoiar-se “nos ombros” de Russell e desencadear as discussões sobre os temas que estão a exigir a consideração de todos, estudantes e professores, com vistas à formação de cidadãos que possam atuar de forma responsável na sociedade?

8. Considerações Finais

Propusemo-nos, neste artigo, a analisar algumas características do ensino de Matemática nos cursos de Engenharia e Licenciatura em Matemática, apontando problemas do ensino feito de uma forma não-questionadora. Sugerimos, também, a possibilidade de introdução dos estudos sociais sobre a ciência e a tecnologia para permitir aos futuros profissionais graduados por esses cursos uma formação crítica geradora de cidadãos responsáveis por um desenvolvimento humano mais justo.

Porém, a indicação de conteúdos, as sugestões de novas metodologias de ensino

ou as propostas de novas abordagens não garantem a qualidade de um curso de graduação, seja de Matemática, seja de Engenharia, especialmente porque a mudança de postura do graduado só se fará a partir de correspondente mudança da prática de ensino de seus mestres. Este parece ser o maior problema enfrentado pelas IES: como implementar um currículo crítico sem que o corpo docente do curso acompanhe as mudanças? Evidentemente temos centros de vanguarda em ensino de matemática e engenharia, espalhados por Universidades brasileiras. No entanto, face à quantidade e diversidade dos cursos, é utópico esperar que a maior parte esteja alinhada com as novas propostas. Enquanto não houver uma maioria pensando as mudanças de forma coesa, continuaremos alimentando as desigualdades educacionais, que por sua vez reforçam as desigualdades sociais do País.

Referências Bibliográficas

- ANTON, H. **Cálculo, um novo horizonte**. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- BAZZO, Walter A. **Ciência, tecnologia e sociedade: e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.
- BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. do V.; Von LINSINGEN, I. **Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. **Diretrizes curriculares para o curso de matemática**. Disponível em <<http://www.inep.gov.br/enc/diretrizes/Matemática.htm>>. Acesso em: 25 mar. 2001a.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Superior. **Diretrizes curriculares**. Disponível em <http://www.mec.gov.br/sesu/ftp/curdiretriz/engenharia/eng_dire.rtf>. Acesso em: 25 mar. 2001b.
- CEREZO, José A. L. Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión em Europa y Estados Unidos. **Revista Iberoamericana de Educación**, n.18, sep./dec. 1998. Disponível em <http://www.campus-oei.org/revista/frame_anteriores.htm>. Acesso em: 07 abril 2001.
- CONGRESSO NACIONAL DE ENSINO DA MATEMÁTICA, 2., Porto Alegre, 1957. **Anais...** Porto Alegre: URGs, 1959.
- CURRICULUM and Evaluation Standards for School Mathematics**. Reston, Va: NCTM, 1989.
- CURY, H.N.; PINENT, C.E.da C. Análise de atitudes de calouros de engenharia em relação às ciências e à matemática. **Revista de Ensino de Engenharia**, v.19, n.1, pp. 47-54, ago. 2000.
- DEMO, Pedro. **Questões para a teleducação**. Petrópolis: Vozes, 1998.
- DÍAZ, José A. A. **Una breve revisión de las creencias CTS de los estudiantes**. Disponível em

< <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo.htm> > Acesso em: 07 maio 2001.

FLEENER, M.J. Scientific world building on the edge of chaos: high school students' beliefs about mathematics and science. **School Science and Mathematics**, v.96, n.6, pp.312-320, Oct. 1996.

MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

PEREIRA, L.T. do V.; BAZZO, W. A.; von LINSINGEN, I. Uma disciplina CTS para os cursos de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 28., 2000, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, UFOP, 2000. CD-ROM.

PONTE, J. P. da. Tecnologias de informação e comunicação na formação de professores: que desafios? **Revista Iberoamericana de Educación**, n.24, pp. 63-90, 2000.

RUSSELL, Bertrand. **Retratos de memória e outros ensaios**. São Paulo: Cia Editora Nacional, 1958.

RUSSELL, Bertrand. **Meu pensamento filosófico**. São Paulo: Cia Editora Nacional, 1960.

SIMMONS, G. F. **Cálculo com geometria analítica**. São Paulo: McGraw-Hill, 1987.

SOME disasters caused by numerical errors. Disponível em <<http://dutita0.twi.tudelft.nl/users/vuik/wi211/disasters.html>>. Acesso em: 07 abril 2001.

VASCONCELOS, Maria Lúcia M. C. **A formação do professor de terceiro grau**. São Paulo: Pioneira, 1996.