



POR UMA RENOVAÇÃO DA FORMAÇÃO EM ENGENHARIA:
QUESTÕES PEDAGÓGICAS E CURRICULARES DO ATUAL MODELO BRASILEIRO
DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Maurício Dwek

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Michel Jean-Marie Thiollent

Rio de Janeiro
Junho de 2012

POR UMA RENOVAÇÃO DA FORMAÇÃO EM ENGENHARIA:
QUESTÕES PEDAGÓGICAS E CURRICULARES DO ATUAL MODELO BRASILEIRO
DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Maurício Dwek

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

Prof. Michel Jean-Marie Thiollent, D.Sc.

Prof. Fábio Luiz Zamberlan, D.Sc.

Prof. Vanderli Fava de Oliveira, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
JUNHO DE 2012

Dwek, Mauricio

Por uma renovação da formação em engenharia: questões pedagógicas e curriculares do atual modelo brasileiro de educação em engenharia / Mauricio Dwek. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2012.

XIV, 135 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Michel Jean-Marie Thiollent

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2012.

Referências Bibliográficas: p. 119-125.

1. Educação em Engenharia. 2. Currículo 3. Pedagogia. I. Thiollent, Michel Jean-Marie. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

A Delphine, minha mulher, com alegria e amor.

A todos aqueles empenhados
na tarefa de melhoramento do mundo
que é a Educação.

O mais nobre conhecimento é simples;
passa pelo cérebro e vai direto ao coração.

Viktor Schauburger

AGRADECIMENTOS

Ao professor Michel Thiollent, sábio e sutil, ensina pelo exemplo;

Ao Círculo de Estudos e Orientação, laboratório do pensar e ser humano;

A meus pais, amor incondicional, gratidão eterna;

A minha irmã, minha dupla, minha flor;

A minha mulher, amor sublime, bússola vital;

Aos amigos, que também são família;

Aos professores e pesquisadores ativos da educação em engenharia, franceses e brasileiros, que contribuíram com seu tempo e sua experiência participando da pesquisa;

A Fernando Santos da Cunha, aluno do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que teve a iniciativa de enviar o questionário para os ex-alunos de nosso departamento;

Ao corpo social do Programa de Engenharia de Produção da COPPE/UFRJ, que contribuiu para essa dissertação, direta ou indiretamente;

À CAPES, que financiou este trabalho.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

POR UMA RENOVAÇÃO DA FORMAÇÃO EM ENGENHARIA:
QUESTÕES PEDAGÓGICAS E CURRICULARES DO ATUAL MODELO BRASILEIRO
DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Mauricio Dwek

Junho/2012

Orientador: Michel Jean-Marie Thiollent

Programa: Engenharia de Produção

Este trabalho constitui uma análise crítica da atual formação em engenharia no Brasil. Para tanto, procedeu-se à análise de questões curriculares e pedagógicas dos cursos de graduação em engenharia, por meio de diversas fontes de informação: a experiência pedagógica de uma disciplina sobre docência realizada com estudantes de Mestrado e Doutorado do Programa de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio de Janeiro; um questionário enviado a egressos do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; e entrevistas realizadas com professores do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. A situação atual da formação em engenharia é apresentada a partir da definição do papel social do engenheiro, sua relação com a ética e suas novas funções e restrições. Também são descritas e comentadas as Diretrizes Curriculares Nacionais, as instâncias de reflexão e discussão da educação em engenharia no Brasil, e as novas tendências para o ensino científico e tecnológico. Conclui-se que existem pelo menos sete temas que merecem aprofundamento, em vista da renovação da formação em engenharia: a questão da disciplinaridade; a relação entre ciência básica e técnica da engenharia; a leitura do mundo; a construção do projeto profissional do estudante; as técnicas de aprendizagem ativa; a reflexão sobre a formação docente; e os saberes para formar engenheiros intelectualmente autônomos.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

TOWARDS A RENEWAL OF ENGINEERING EDUCATION:
PEDAGOGICAL AND CURRICULAR ISSUES OF THE CURRENT BRAZILIAN
MODEL

Mauricio Dwek

June/2012

Advisor: Michel Jean-Marie Thiollent

Department: Production Engineering

This work constitutes a critical analysis of the current engineering education model in Brazil. It has thus analyzed curricular and pedagogical issues of undergraduate engineering courses, by means of several sources of information: the pedagogical experiment of a discipline on teaching given to master's and doctorate students of the Production Engineering Program of the Universidade Federal do Rio de Janeiro; a survey sent to former students of the Department of Metallurgical and Materials Engineering of the Polytechnic School of the Universidade de São Paulo; and interviews with teachers from the Technology Centre of the Universidade Federal do Rio de Janeiro. The current state of engineering education is presented based on the definition of the social role of the engineer, his relation to ethics and his new functions and restrictions. The National Curriculum Guidelines, the discussion groups on engineering education in Brazil, and the new trends in scientific and technological teaching are also described and commented upon. It is concluded that there are at least seven themes that deserve further studies, in order to renew engineering education: the issue of disciplinarity; the relation between basic science and engineering technique; the act of reading the world; the construction of the student's professional project; active learning techniques; reflection on teacher training; and the skills to train intellectually autonomous engineers.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 DELIMITAÇÃO	2
1.2 CONTEXTO	4
1.3 RELEVÂNCIA.....	9
1.4 OBJETIVOS.....	11
1.4.1 <i>Geral</i>	11
1.4.2 <i>Específicos</i>	11
1.5 ESTRUTURA	11
2 COMO PENSAR A FORMAÇÃO EM ENGENHARIA HOJE?	13
2.1 O QUE É UM ENGENHEIRO?	13
2.1.1 <i>Definições profissionais</i>	15
2.1.2 <i>Deontologia e ética</i>	19
2.1.3 <i>O novo engenheiro</i>	22
2.2 ENQUADRAMENTO DA REFLEXÃO	26
2.2.1 <i>As Diretrizes Curriculares Nacionais</i>	27
2.2.2 <i>Os fóruns de discussão da educação em engenharia no Brasil</i>	28
2.2.3 <i>Novas tendências para o ensino científico-tecnológico</i>	32
3 POR UMA RENOVAÇÃO DA FORMAÇÃO EM ENGENHARIA.....	41
3.1 METODOLOGIA	42
3.1.1 <i>Revisão bibliográfica</i>	42
3.1.2 <i>Experimento pedagógico</i>	43
3.1.3 <i>Questionários</i>	45
3.1.4 <i>Entrevistas</i>	46
3.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS.....	48
3.2.1 <i>A experiência da disciplina de “Seminários de docência” realizada no Programa de Engenharia de Produção da COPPE/UFRJ</i>	49
3.2.2 <i>A formação em engenharia vista pelos egressos do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade de São Paulo</i>	52
3.2.3 <i>Com a palavra, os docentes</i>	59
3.2.3.1 <i>O perfil dos alunos</i>	59
3.2.3.2 <i>O papel do engenheiro na sociedade</i>	63
3.2.3.3 <i>Sobre a formação: estado atual, lacunas, instrumentos e entraves</i>	64
3.2.3.4 <i>Prioridades</i>	78
4 TEMAS PARA A RENOVAÇÃO CURRICULAR E PEDAGÓGICA	83
4.1 A QUESTÃO DA DISCIPLINARIDADE	84
4.2 A RELAÇÃO ENTRE CIÊNCIA BÁSICA E TÉCNICA DE ENGENHARIA.....	89
4.3 A LEITURA DO MUNDO.....	90
4.4 A CONSTRUÇÃO DO PROJETO PROFISSIONAL	94
4.5 APRENDIZAGENS ATIVAS.....	99
4.6 A FORMAÇÃO DOCENTE	101
4.7 OS SABERES PARA UMA NOVA ENGENHARIA.....	105
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119

APÊNDICE A	126
APÊNDICE B	127
ANEXO A.....	129
ANEXO B.....	132

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Percursos de carreira profissional para engenheiros.	18
Figura 2: O modelo produtivo da instrução programada.	26
Figura 3: Sistema dos referentes instituídos que compõem a concepção da formação do engenheiro.	34
Figura 4: Distribuição geográfica dos egressos.	53
Figura 5: Distribuição do tempo de formação.	53
Figura 6: Quantos idiomas são falados no ambiente profissional.	57
Figura 7: O contrato didático.	102
Figura 8: Os saberes para uma nova engenharia.	112

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Salário médio vs. Tempo de formado.	53
Gráfico 2: Distribuição dos egressos por setor de atividade.	54
Gráfico 3: Distribuição dos egressos por área de atuação.	54
Gráfico 4: Idiomas estrangeiros falados no ambiente profissional.	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Atribuições de um engenheiro em função do nível de atuação na empresa.	17
Quadro 2: Referencial pedagógico das habilidades e competências na ECLille.	38
Quadro 3: Roteiro utilizado nas entrevistas com os professores do Centro de Tecnologia da UFRJ.	46
Quadro 4: Distribuição das questões dentro da grade analítica.	48
Quadro 5: O perfil dos calouros e dos egressos.	62
Quadro 6: O papel do engenheiro na sociedade.	64
Quadro 7: Quadro sintético sobre o estado atual da formação em engenharia.	66
Quadro 8: Quadro sintético das lacunas da formação em engenharia.	69
Quadro 9: Quadro sintético dos instrumentos para a formação em engenharia.	74
Quadro 10: Quadro sintético de entraves na formação em engenharia.	77
Quadro 11: Quadro sintético de propostas para a renovação da formação em engenharia.	82
Quadro 12: Características de um projeto.	100
Quadro 13: Dimensões de estilos de aprendizagem e ensino.	104

SIGLAS

ABENGE – Associação Brasileira de Ensino de Engenharia
ASCE – American Society of Civil Engineers
BID – Banco Interamericano para o Desenvolvimento
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior
CDIO – Conceive-Design-Implement-Operate
CFDT – Confédération Française Démocratique du Travail
CNPq – Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNRS – Centre National de la Recherche Scientifique
COBENGE – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia
CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
COPPE/UFRJ – Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro
CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade
DCN – Diretrizes Curriculares Nacionais
EEE – Encontro de Ensino de Engenharia
FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos
ICE – Institute of Civil Engineers
IEEE – Institute of Electric and Electronic Engineers
INPG – Institut National et Polytechnique de Grenoble
ISF – Ingénieurs Sans Frontières
MIT – Massachusetts Institute of Technology
NEPENGE – Núcleo de Estudos e Pesquisas sobre Formação e Exercício Profissional em Engenharia
OEE – Observatório da Educação em Engenharia
PEP – Programa de Engenharia de Produção
PMT/POLI/USP – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
POLI/UFRJ – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro
POLI/USP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
PRODENGE – Programa de Desenvolvimento das Engenharias
REENGE – Reengenharia do Ensino de Engenharia
SESu – Secretaria de Ensino Superior
STS – Science and Technology Studies
UFABC – Universidade Federal do ABC
UFF – Universidade Federal Fluminense
UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

1 INTRODUÇÃO

Creio ser profundamente lamentável o fato de existir, tanto na história da filosofia quanto na das ciências, uma série de portos seguros aos quais muitos cientistas e filósofos se agarram, por vezes desesperadamente, acreditando neles encontrar proteção e segurança contra as intempéries da crítica e as borrascas do questionamento.

Hilton Japiassu, *Pedagogia da incerteza*.

A produção de conhecimento novo e a sua transmissão são dois fundamentos da cultura humana. Ambos são primordiais para o acúmulo e preservação da sabedoria gerada pela humanidade. Sem eles, não haveria ciência nem história. Juntos, sustentam a educação.

A evolução recente desses dois alicerces da educação se confunde com os avanços científicos e tecnológicos que caracterizam o atual projeto de modernidade. Para a produção de novas informações, a divisão do conhecimento em disciplinas distintas e a criação de academias e universidades alavancaram um processo de especialização que gerou condições favoráveis ao desenvolvimento de novas teorias científicas e artefatos tecnológicos. Ao mesmo tempo, as inovações no campo das tecnologias de informação e comunicação – desde a prensa móvel de Gutenberg e a difusão do livro-texto como suporte da educação, até a criação da rede mundial de computadores e suas redes sociais – ampliaram a possibilidade de acesso ao conhecimento. Mas essas transformações recentes, muito rápidas, não ocorreram sem efeitos nocivos: fragmentação do conhecimento, estratificação dos saberes, hierarquização e burocratização das instituições, redundância e superficialidade da informação disponível, e a perda de valores éticos e da finalidade das ações.

A proteção e regeneração do núcleo íntimo da educação é portanto assunto estratégico e delicado. Dessa forma,

que significa educar quando a educação já não pode nem reduzir-se à transmissão de saberes prontos, nem limitar-se à formação para funções predeterminadas? Que características deve ter a educação quando, além de encaminhar as pessoas para um mundo de atividades em constante metamorfose, se exige dela que também não descuide os valores de uma sociedade participativa e solidária? (ASSMANN & SUNG, 2000, p. 14).

Os próprios autores oferecem uma resposta: “a educação precisa ter a coragem de superar o dualismo persistente entre formação para o bom desempenho profissional [...] e formação ética para a sociabilidade humana” (ASSMANN & SUNG, 2000, p.

210). Não existem, no entanto, fórmulas nem métodos prontos para isso. Com isso em mente, foi elaborada a presente dissertação.

1.1 DELIMITAÇÃO

Todo trabalho de pesquisa tem, ou deveria ter, motivações enraizadas na trajetória de seu pesquisador. Já desde 1937, Horkheimer 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 (1980, p. 141). A pesquisa também produz diversas obras – intermediárias e pontuais ou mais robustas e finais – que são fotografias de momentos específicos no caminho do pesquisador. Pontos de chegada transitórios entre os resultados dessa pesquisa e o próximo passo.

Essa dissertação situa-se, portanto, dentro de um sistema público, brasileiro, de ensino, pesquisa e extensão. Foi elaborada por um engenheiro, inserido em um programa de pós-graduação em engenharia. Tem preocupações reflexivas, para com a própria estrutura de formação que a gerou. É propositiva e sugestiva de mudanças para o aprimoramento do seu contexto. Se, ao final, tiver induzido novas pesquisas, terá cumprido seu objetivo.

Em trabalho anterior (DWEK, 2008), a formação em engenharia fornecida pelo curso de Engenharia de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI/USP) foi avaliada e criticada. Retomando a metodologia utilizada por Fraga (2007), foram classificadas as disciplinas do curso seguindo uma taxonomia, dividindo-as entre técnicas básicas, técnicas aplicadas, múltiplos aspectos (ou multidisciplinares) e abertas. Foram observadas as três características encontradas por Fraga (2007) em seu estudo do currículo do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP): são cursos tecnicistas, com 90% de disciplinas técnicas; com nítida separação entre teoria e prática; e fechados, ou seja, no qual nem o estudante, nem o professor podem orientar as escolhas de ensino conforme seus projetos profissionais e pessoais. Essa pesquisa serve de substrato inicial para a formulação da presente dissertação.

É proposto aqui um aprofundamento da crítica às formações em engenharia no Brasil, a partir de dois conjuntos de dados: a percepção que os estudantes formados têm do seu curso, com base em suas experiências profissionais; e as observações de professores de engenharia sobre aspectos da sua prática docente, da evolução do

perfil discente, e da conjuntura curricular e pedagógica de seus cursos. O primeiro conjunto é composto pela opinião dos egressos do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da POLI-USP (PMT/POLI/USP). Trata-se de aprofundamento da análise curricular previamente realizada, a partir de uma visão do currículo oculto¹, do ponto de vista da atuação do engenheiro já formado. O testemunho de professores de engenharia vem de entrevistas realizadas do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Com isso, é acrescentada a mais antiga escola de engenharia do Brasil à amostra da análise. Foram entrevistados professores de diversas especialidades, ampliando assim o olhar crítico à formação em engenharia como um todo. Evita-se portanto relatar características específicas dos cursos ligadas a essa ou aquela habilitação, ponderando-as, sobretudo, pela sua definição de traços marcantes da formação em engenharia em geral.

Assim, nesse estudo, abordaremos a noção de formação em engenharia com base na formação praticada e recebida para a obtenção da primeira habilitação em engenharia, ou seja, o primeiro diploma que confere ao egresso a titulação necessária para o atendimento das exigências legais impostas ao exercício da profissão de engenheiro. As contribuições aqui pretendidas focalizam então a graduação em engenharia, em vista do seu aprimoramento.

Por outro lado, ao falarmos de formação dos engenheiros, estamos aludindo ao conjunto de saberes que devem compor o corpo do conhecimento de um profissional de engenharia. Esse conjunto é constituído pela base científica e tecnológica adquirida antes do ensino superior, compreende a formação em engenharia, e precisa ser completado regularmente, por meio da reflexão sobre a prática da engenharia, na chamada educação contínua ou permanente e nos cursos de atualização.

Os termos “ensino em engenharia” e “educação em engenharia” serão considerados aqui como sinônimos, casos particulares da educação científica e tecnológica, aplicados aos temas que distinguem o campo de atuação da atividade de engenharia

¹Quando falarmos de currículo, seguiremos a acepção do termo desenvolvida na obra do pensador da educação Paulo Freire (1921-1997), que o toma como “a política, a teoria e a prática do *que-fazer* na educação, no espaço escolar, e nas ações que acontecem fora desse espaço, numa perspectiva crítico-transformadora” (SAUL, 2008). O currículo realizado depende tanto do currículo planejado e explicitado pelas instituições de formação – na forma de projetos pedagógicos de cursos, perfis de formação de egressos e ementas de disciplinas –, como do currículo dito oculto. Currículo oculto é o nome dado ao conjunto de efeitos complexos produzidos nos alunos provenientes de um currículo explícito, das experiências não planejadas vividas na realidade da escola e das interações entre alunos, professores e o meio exterior à sala de aula (SACRISTÁN, 2000, p. 43).

de outras carreiras com forte base matemática e de ciências naturais. A educação em engenharia será estudada por meio de análises do seu conteúdo – prescrito, traduzido, interpretado e materializado na forma de currículo – e de observações sobre a forma na qual é transmitido esse conteúdo.

A discussão sobre a forma de transmissão na educação remete aos conceitos de pedagogia e didática. Johsua e Dupin (2003) afirmam que

a didática de uma disciplina é a ciência que estuda, para um determinado campo (no caso, as ciências [ditas exatas] e a matemática), os fenômenos de ensino, as condições de transmissão da ‘cultura’ próprias a uma instituição (em especial aqui as instituições científicas) e as condições de aquisição de conhecimentos por um aluno (p. 2, tradução nossa).

Ao definirem a didática da matemática e das disciplinas científicas em geral, os autores indicam tratar-se da manifestação da “vontade – e afirmação da possibilidade – de uma abordagem raciocinada, sistemática, científica e específica dos fenômenos de ensino nesses campos, visando delimitar teórica e praticamente os campos do possível dos do inacessível” (p. 2, tradução nossa). As considerações sobre pedagogia serão tecidas por meio dessa abordagem didática, em oposição à abordagem de uma “pedagogia geral”, que consistiria em “gerar regras da aprendizagem e da educação que seriam justamente independentes dos conteúdos específicos ensinados, e até mesmo de qualquer conteúdo em geral” (p. 2, tradução nossa).

A reflexão também traz à baila exemplos de experiências da França, vindos de observações realizadas entre 2005 e 2007 no quadro de um intercâmbio de graduação e recentemente, em 2011, em pesquisa realizada junto a professores de diversas escolas francesas. Embora seja o país cujo modelo de formação inspirou as primeiras escolas de engenharia do Brasil, seu contexto e seus arranjos institucionais são distintos, o que impede qualquer comparação direta. No entanto, as referências de pesquisadores e dados franceses servem de apoio à reflexão, complementam as análises sobre a situação brasileira, e fornecem exemplos de alternativas ao nosso modelo.

1.2 CONTEXTO

A atuação profissional do engenheiro foi seriamente afetada pelas mudanças ocorridas nas últimas décadas, não apenas no campo da ciência e da tecnologia, mas

igualmente nas esferas política, econômica e social. Os problemas de engenharia tornaram-se mais complexos com a inclusão de novos imperativos de ordem sócio-ambiental, percebidos nos discursos do mundo empresarial, no jargão acadêmico atual e nas novas legislações nacionais e internacionais. Isso resultou não apenas na ampliação das restrições e do controle sobre as atividades desenvolvidas por engenheiros, como também na diversificação das heurísticas que hoje são postas à prova.

Além disso, o esgotamento do modelo hegemônico como provedor de bem-estar social, verificado nos alarmantes indicadores econômicos e sociais, acentua a demanda por profissionais comprometidos não apenas com os fatores técnicos de suas soluções, mas igualmente com uma visão mais racional de seus desdobramentos para a sociedade. Os problemas técnicos deixaram de ser simplesmente técnicos e devem ser formulados de maneira mais ampla.

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. Santos (1988) alude a uma crise epistemológica cujas origens encontram-se nas descobertas do século XX no campo da ciência que estão minando o paradigma dominante, baseado no determinismo mecanicista e no positivismo. 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. 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.

Hoje, verifica-se o fracasso do modelo linear de desenvolvimento social, baseado na ideia de que o desenvolvimento científico e tecnológico e sua exploração econômica gerariam bem-estar social. O sistema econômico parece estar constantemente à beira do colapso, a concentração de riquezas aumentou ao mesmo tempo em que o número de pessoas mal nutridas nunca foi maior. Dado o presente esvaziamento político geral, a crise é sentida como generalizada e a busca por alternativas ainda se faz de maneira pulverizada e desorganizada.

No entanto, as mazelas sócio-ambientais do atual modelo constituem, cada vez mais, imperativos para as esferas públicas e privadas, com todos os setores de atividade e camadas sociais a perceber a urgência de sua resolução. Os discursos mais alarmados anunciam calamidades iminentes como o declínio da biodiversidade de espécies de fauna e flora, terrestre e marinha. As consequências das mudanças climáticas nos diferentes biomas da Terra acentuadas pelos efeitos antrópicos devem ser sentidas de forma mais premente, com massivas migrações de populações previstas para as próximas décadas devido ao esgotamento de recursos naturais, aumento do nível dos mares e desertificação de áreas outrora férteis. Embora o efeito inicial desses fenômenos impacte mais fortemente as regiões mais pobres do planeta, reforçando as diferenças e a concentração de riquezas, suas repercussões tendem a manifestar-se em escala global, gerando prejuízos para todas as camadas sociais.

Alguns países apresentam papel destacado no contexto de crise sócio-ambiental mundial por possuírem populações gigantescas e territórios de dimensões continentais. Os *monster countries* – Brasil, Rússia, Índia, China e E.U.A. –, segundo denominação do cientista político e historiador americano George Kennan (1904-2005),

representam 31,5% da área emersa do planeta sendo 39,6% desta área coberta com florestas, somam 47% da população mundial apresentando densidade demográfica de 64,9 habitantes/km² com 44,3% das pessoas vivendo em áreas urbanas, totalizam 42,9% do PIB mundial, 40,5% do consumo de energia, 19,6% das pessoas têm acesso à internet, 90% dos domicílios tem água encanada, as mulheres representam 48,9% da população total, o índice de desenvolvimento humano (IDH) médio ponderado é de 0,729 e a expectativa média de vida é de 68,6 anos (KASSAI *et al.*, 2010, p. 8).

Por ainda possuir uma grande reserva florestal, o Brasil encontra-se em posição privilegiada em termos de emissões de carbono no cenário global, consumo de energia, PIB Verde e patrimônio líquido ambiental deficitário, segundo o estudo realizado por Kassai *et al.* (2010) sobre o balanço contábil ambiental das nações. Embora seja um fato alentador, também é uma situação de maior responsabilidade para o país.

O Brasil vive atualmente um momento econômico favorável, sustentado sobretudo pela exploração de suas riquezas naturais e por uma política macroeconômica atrativa de capitais estrangeiros. Desde 2002, os governos de Lula e Dilma Rousseff têm adotado diversas medidas para incentivar o consumo, com base na redução de impostos sobre produtos industrializados e no aumento do acesso ao crédito. Soma-se

a isso a realização vindoura de diversos grandes eventos, dentre os quais a Copa do Mundo de Futebol em 2014 e os Jogos Olímpicos e Paraolímpicos em 2016.

No entanto, o país tem carências infraestruturais históricas a preencher. O Censo Demográfico 2010 indica que mais de 11,4 milhões de brasileiros vivem em aglomerados subnormais, em situação de ocupação ilegal da terra e urbanização fora dos padrões vigentes ou com serviços públicos essenciais precários (IBGE, 2010, p. 57). A desigualdade social permanece elevada, embora em declínio discreto: a metade mais pobre da população concentra 14,5% da renda total, quase o mesmo (12,8%) apropriado pelo centésimo mais rico (HOFFMANN, 2010). A população em situação de pobreza extrema – que vive com menos de um dólar por dia – também diminuiu mas ainda existem milhões de brasileiros sem acesso a condições de vida satisfatórias em termos de saúde, cultura e educação.

O problema da educação no Brasil não é quantitativo mas, sobretudo, qualitativo, desde o ensino básico até a educação superior, apesar da pujança econômica do país. As taxas de acesso à escola primária têm progredido desde os anos 1960 chegando quase a 100% hoje, mas a saída prematura é comum, especialmente em regiões mais pobres. Assim, o Nordeste brasileiro possui índices educacionais – que consideram a alfabetização dos adultos, a igualdade de nível educacional entre os gêneros e o número médio de anos de escolaridade – próximos dos de Moçambique, com crianças que passam menos tempo na escola do que no Quênia ou no Zimbábue² (AKKARI & NOGUEIRA, 2007, p. 135). As taxas de analfabetismo funcional ou científico são elevadas, o que resulta em um desconhecimento da realidade social, política e econômica do país por parte dos estudantes, que não possuem as noções básicas de cidadania. Em grande parte, isso se deve a um déficit e uma assimetria dos investimentos, que não alcançam as populações mais pobres e favorecem apenas as elites do país, gerando assim desigualdades ainda maiores. Há também um desnível entre as zonas urbanas, onde se concentrou o processo de modernização das infraestruturas básicas, e as zonas rurais nas quais as rendas familiares costumam ser menores e os contextos de vida são diferentes.

Essa situação é complicada pela lacuna de políticas públicas para a valorização dos professores e do sistema educacional. Com isso, o número de diplomados das universidades brasileiras que decidem dedicar-se à docência no ensino público

² A comparação é feita aqui simplesmente para demonstrar que, apesar de ostentar índices econômicos superiores, a situação da educação no Brasil é similar à dos países africanos.

brasileiro está em declínio, devido aos baixos salários e às condições de trabalho que os obrigam a acumular empregos para atingir um nível de vida decente. Muitos acabam buscando sua realização econômica e profissional em outras atividades (AKKARI & NOGUEIRA, 2007, p. 137).

No tocante à educação superior, as crescentes demandas foram atendidas, a partir da década de 1990, com a flexibilização dos requisitos para a criação de cursos e instituições, resultando na expansão da oferta de vagas pelo ensino privado e subsequente enfraquecimento do ensino público federal (CORBUCCI, 2004, p. 681-682). Michelotto *et al.* (2006, p. 191) afirmam que, entre 1991 e 2004, “o número de instituições privadas cresceu 267% no território nacional” e as matrículas 311%. Esse fenômeno, embora represente a abertura de vagas para suprir a carência do setor, contribuiu para aumentar a clivagem entre as classes sociais, gerando escolas sem corpo docente qualificado e infraestrutura mínima, dedicadas apenas ao ensino e sem desenvolvimento de atividades de pesquisa e extensão (MICHELOTTO *et al.*, 2006, p. 193).

No campo científico e tecnológico, os investimentos ainda são baixos, resultado de um longo período de uma política de importação tecnológica. Ademais, as atividades de pesquisa e desenvolvimento do país “têm uma agenda de pesquisa defasada, ainda pouco estruturada e fora do foco da disputa tecnológica” (NEGRI & LEMOS, 2009, p. 3). O Brasil continua caracterizado por uma engenharia voltada para atividades “pesadas” como as indústrias de base, a agropecuária e a construção civil, todas altamente poluidoras e energointensivas (NASCIMENTO *et al.*, 2010). O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), um dos maiores agentes governamentais de financiamento, tem atuado para o fortalecimento das multinacionais brasileiras com maiores passivos ambientais, seguindo uma lógica que tende a aumentá-los. Há também uma escassez geral de profissionais qualificados, especialmente ressentida na área de engenharia: na educação superior, apenas 5% dos egressos são engenheiros, valor que na China, por exemplo, chega a 30% (BRASIL, 2010, p. 61).

Apesar disso, houve avanços relevantes na política de inovação tecnológica nos últimos 25 anos, especialmente a partir da segunda metade dos anos 1990. Além dos investimentos para o fortalecimento da pós-graduação no país, a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior de 2003 criou “um sistema mais integrado e coerente para a indução da inovação nas empresas nacionais” com a Lei do Bem (Lei

nº 11.196/2005) e a Lei da Inovação (Lei nº 10.973/2004) (NEGRI & LEMOS, 2009, p. 4).

Mais recentemente, em 2010, o governo lançou o Fundo de Financiamento Estudantil, programa que atualiza o antigo Programa de Crédito Educativo de 1999 e financia o ensino superior em instituições não-gratuitas para alunos que não possuem condições de arcar com os custos, a juros de 3,4% ao ano. Além disso, o programa Ciência sem Fronteiras, inaugurado em 2011 pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação tem por objetivo inverter o fluxo do “*brain drain*” – ou fuga de cérebros – pela atração de pesquisadores estrangeiros para o país, por meio de bolsas de incentivo à mobilidade acadêmica, aproveitando-se da atual popularidade do Brasil. Há, claramente, uma orientação tecnológica nesse programa, que privilegia e focaliza as áreas de atuação dos engenheiros.

1.3 RELEVÂNCIA

Observamos então uma conjuntura realmente singular: um cenário de crise com os engenheiros no seu centro, ora vistos como causa, ora vistos como solução para os problemas. Segundo o professor Yves-Frédéric Livian, o engenheiro é “criticado pela onipresença na sociedade da lógica linear e do cálculo frio dos quais seria responsável” (GIRÉ *et al.*, 2000, p. 13, tradução nossa). A expectativa depositada sobre esses luminares da ciência e da tecnologia é alta e as exigências também o são, embora as condições para atingir os objetivos estabelecidos para a classe dos engenheiros não sejam favoráveis. Existem restrições cada vez mais severas para o exercício profissional dos engenheiros, tanto no cenário internacional como na política tecnológica interna do país: desregulamentações, inseguranças e precarizações dos mercados e dos vínculos de trabalho; aumento do rigor na aplicação e modernização da legislação ambiental; limitações de consumo energético; e uma política de investimentos em inovação tecnológica herdada de um período de importação de tecnologia estrangeira. Além disso, em números, a situação é desanimadora: no Brasil, apenas 10 mil pessoas trabalham no setor de pesquisa e desenvolvimento, enquanto na Coreia do Sul, são 125 mil dos quais 90 mil são engenheiros, e nos E.U.A., 750 mil com 2/3 de engenheiros (OLIVEIRA, 2007, p. 15).

Em estudo realizado com mais de 360 perguntas dirigidas a 411 alunos do penúltimo ano, 104 engenheiros formados e 28 diretores de Grandes Escolas de engenharia da França, Giré *et al.* (2000) abordam a questão da identidade do engenheiro, avaliando

seus cursos – sob a hipótese de uma insuficiência em formação humana –, sua cultura, esportes, lazeres, sua imagem na sociedade, seus mitos, arquétipos e valores fundamentais, indicando igualmente as reorientações possíveis para os engenheiros de amanhã. Em suas respostas, os próprios engenheiros identificam sua falta de visão global frente à complexidade como centro de gravidade da crise epistemológica da profissão. Em seguida, apontam três tópicos como caminhos para pensar mudanças: a crise de sentido e de valores fundamentais é o principal, seguido da falta de perspectiva e de sentido na empresa e na formação, e, por fim, a hiperespecialização e a proliferação dos saberes e das técnicas (GIRÉ *et al.*, 2000, p. 148).

Aliada a essa retomada de uma perspectiva antropocêntrica do fazer científico e tecnológico, a preocupação com questões ligadas à existência humana ganha importância e os modelos positivistas e tecnicistas de pesquisa perdem força. O ser humano deixa de ser apenas uma variável de cálculo e volta a ser objeto de estudo. Após o auge da pesquisa puramente quantitativa, observado na forma de um delírio quantofrênico – uma obsessão por cálculos por meio da qual, supostamente, qualquer fenômeno podia ser explicado com base em análises numéricas –, observa-se um retorno a apreciações qualitativas do mundo. Como expresso por Thiollent (2005, p. 179):

No plano teórico, questões relativas à crítica, interpretação, compreensão, diálogo, linguagens não são familiares aos engenheiros no decorrer de sua formação, mas a apreensão dos aspectos qualitativos enfatizados em tal perspectiva deve superar a velha dicotomia 'quantitativo/qualitativo' e a concepção de origem positivista segundo a qual a ciência só pode ser produzida por métodos quantitativos.

Mas há um descompasso entre o que se espera dos engenheiros e sua formação, que não permite o contato com essas dimensões da atuação do engenheiro na sociedade. Os estudos de Fraga (2007) e Dwek (2008) indicam não serem providas ao futuro engenheiro oportunidades de formação crítica e valorativa, que concorram para uma atuação socialmente responsável, ética e cidadã, como citado anteriormente. Portanto, há uma nítida separação entre o que atualmente é exigido de um engenheiro na sua prática profissional e o que sua formação lhe confere.

Assim, o estudo aqui relatado é fruto de um olhar crítico sobre a formação em engenharia. Ele se insere nessa região tão importante mas ainda largamente preterida pelas instituições formadoras dos engenheiros, que alguns chamam de formação humana (LEMAITRE, 2003). Ele vem portanto se juntar aos esforços recentes realizados para não apenas formar um número maior de profissionais, mas, sobretudo,

formar melhor, em vista dos atuais desafios científicos, tecnológicos e também sociais e ambientais.

1.4 OBJETIVOS

Considerando a situação-problema exposta acima, a dissertação abrange um objetivo geral e três objetivos específicos:

1.4.1 Geral

Propor inovações curriculares e pedagógicas que contribuam para a renovação da formação em engenharia.

1.4.2 Específicos

- Analisar e criticar os currículos das formações em engenharia;
- Levantar o estado da arte do ensino em engenharia;
- Propor métodos pedagógicos adaptados ao desenvolvimento de uma visão crítica das implicações da ciência e da tecnologia.

1.5 ESTRUTURA

A dissertação está estruturada em cinco capítulos, sendo este primeiro sua introdução.

No segundo capítulo, são trazidos elementos para contextualizar a discussão sobre a formação em engenharia hoje. Procura-se uma definição para o produto final por ela almejado, isto é, o engenheiro. Ao mesmo tempo, são consideradas as condições de contorno que determinam seu ofício: legislação, associações e códigos profissionais. Indica-se o ponto no qual a reflexão sobre a formação se encontra hoje, quem discute educação em engenharia no Brasil e o que é dito nos diferentes fóruns sobre o tema. São apresentados alguns dos novos enfoques que aparecem para sua formação e também para a profissão, suas principais características e as críticas que fazem ao modelo vigente. Para tanto, exemplos de outros países ajudam a ganhar perspectiva sobre a situação brasileira, entender seus problemas e entrever soluções.

A pesquisa que fundamenta as proposições para uma renovação da formação em engenharia é descrita no terceiro capítulo. Essa empreitada começou como um processo acumulativo de informações sobre temas que tangem a educação em engenharia, não apenas nas áreas técnicas mas também em ciências da educação e

epistemologia. As referências bibliográficas foram então testadas em um experimento pedagógico. Em seguida, é apresentada a apreciação dos egressos de seu curso de engenharia, em função da sua atuação profissional. Isso permite perceber aspectos ocultos do currículo que seguiram, bem como algumas tendências do mundo do trabalho e do perfil profissional dos engenheiros. Por fim, são relatadas entrevistas com docentes, compartilhando suas experiências em sala de aula e suas percepções críticas da formação.

A dissertação tem também ambição propositiva, mas não de soluções e sim restrita ao levantamento de temas importantes para a reflexão, com base na análise dos elementos advindos da pesquisa. No quarto capítulo, são reunidas contribuições para a renovação pedagógica e curricular dos cursos de engenharia de maneira a municiar estudos futuros. Com isso, são indicados pilares para a construção de uma nova educação em engenharia.

O capítulo final retoma os avanços alcançados por esse estudo e as questões que se abrem a partir dele. Como esperado, o trabalho de pesquisa também resultou em conquistas pessoais para o pesquisador em termos de complementação da sua formação técnica e preparação para a docência, cujos resultados aqui compartilhados deseja-se que despertem nos leitores a mesma ampliação de horizontes e reforcem a crença na constante capacidade de se aprimorar a educação.

2 COMO PENSAR A FORMAÇÃO EM ENGENHARIA HOJE?

É engenharia aquela arte-ciência que desenvolve a aplicação de conhecimentos, quer científicos quer empíricos ou intuitivos, à criação e ao aperfeiçoamento de estruturas sociais; ou de formas de convivência social: inclusive política ou econômica.

Gilberto Freyre, *Homens, engenharias e rumos sociais*.

O presente capítulo tem como propósito contextualizar o estudo sobre as possibilidades de renovação da formação em engenharia. Para tanto, versa sobre as condições, tradições e restrições que se impõem àqueles que empreendem a tarefa de questionar a ordem estabelecida e propor mudanças nesse campo.

Em um primeiro momento, são apresentadas definições, tipologias e identidades profissionais para delinear o que é um engenheiro. O histórico de suas associações profissionais e seus respectivos códigos de ética são resgatados para situar o ponto no qual se encontra a reflexão deontológica³ da profissão. Também são expostas algumas das novas perspectivas de atuação dos engenheiros que surgiram recentemente.

Em seguida, é proposto um enquadramento para a reflexão sobre a formação em engenharia e a possibilidade de sua renovação. São analisadas as normas que regem os cursos de engenharia, os fóruns de discussão do tema da educação em engenharia no Brasil, algumas novas tendências para o ensino científico-tecnológico, bem como exemplos de reforma pedagógica e curricular de escolas de engenharia.

2.1 O QUE É UM ENGENHEIRO?

As definições da atividade de engenharia ou da constituição do trabalho do engenheiro abundam. Le Moigne (1994) retoma as proposições do filósofo italiano Giambattista Vico (1668-1744) – crítico de Descartes tido como precursor das novas ciências do século XX – para quem o *ingenium* caracteriza-se pela qualidade de saber conectar conhecimentos distintos, modelizando uma situação para produzir obras. Contra a corrente positivista de acepções da engenharia, o *ingenium* de Vico é comparável ao

³ A origem do termo “deontologia” é atribuída ao filósofo utilitarista Jeremy Bentham (1748-1832) em ensaio no qual definiu as ciências da moral. Em sua utilização corrente hoje, a deontologia tem conotação mais profissional e designa “o conjunto de deveres que se impõem moralmente os membros de uma profissão” (DIDIER, 2008a, p. 147, tradução nossa). Dela resultam os códigos de ética.

disegno de Leonardo da Vinci (1452-1519) como método para a compreensão do universo dos fenômenos naturais e artificiais (LE MOIGNE, 1994, p. 84). Mais recentemente, no Brasil, Gilberto Freyre (1900-1987) distinguiu três tipos de engenharia: a física, a social e a humana.

A física, a mais evidente. Ela se manifesta em quase todas as coisas técnicas, ou construções, a serviço essencial e imediato dos homens: casas, pontes, instrumentos de trabalho, veículos, equipamentos: inclusive o culinário. Das relações técnicas ao mesmo tempo em que antropométricas, dos homens com tais coisas, cuida a engenharia humana. E das inter-relações de ordem social entre homens uns com os outros e de métodos com instituições de várias espécies dentro de uma sociedade humana, cuida a engenharia social (FREYRE, 1987, p. 11).

Essas visões do campo da engenharia diferem substancialmente da delimitação em vigor no mundo do trabalho e nas instâncias de formação. Embora apontem algumas conexões esquecidas do mundo da engenharia, são muito abrangentes e não se enquadram nos padrões profissionais atuais. Procurando reconciliar a nebulosidade do conceito com suas responsabilidades mais urgentes, Didier (2008b) propôs uma definição da engenharia como sendo “uma ação que ocorre no seio de uma rede sociotécnica complexa, colocando em risco múltiplos seres animados e inanimados e consistindo fundamentalmente em transformar ideias abstratas em objetos concretos” (p. 25, tradução nossa). Essa proposta abarca a complexidade do contexto, a potência e irreversibilidade dos impactos assim como o núcleo conceitual da atividade de engenharia. Porém, definir os seus agentes é tarefa mais difícil.

Em estudo que data de 1980, Robert Baum buscou estabelecer as características sociais de um grupo de futuros engenheiros. Ele observou certa homogeneidade na população estudada, composta quase que exclusivamente por homens (90%), oriundos da classe média, que escolheram a carreira almejando uma promoção social. Os traços comuns identificados por Baum foram a “dificuldade em expressar sentimentos e emoções – e comunicar em geral –, uma grande facilidade para manipular dados quantitativos e, por fim, uma percepção muito forte da diferença entre os fatos, exteriores e objetivos, e os valores, interiores e subjetivos” (BAUM, 1980 *apud* DIDIER, 2008b, p. 34, tradução nossa).

A tentativa de formalizar o que define a categoria socioprofissional dos engenheiros e sua dinâmica, por mais arriscada que seja, também deve considerar as opiniões dos indivíduos que se reconhecem como profissionais da engenharia, “independentemente das definições estabelecidas por aqueles a quem foi dado (ou que se deram) o poder de formulá-las” (DIDIER, 2008a, p. 12). Mesmo tratando-se de uma profissão

multifacetada, os engenheiros possuem, em geral, certa homogeneidade no seu perfil sociológico e psicológico, como verificado nos estudos de Giré *et al.* (2000) e Didier (2008b). Ambos apresentam análises das respostas de estudantes e engenheiros formados a questões que vão desde sua orientação política até as suas atividades de lazer. Assim, por meio da acumulação do olhar reflexivo dos próprios objetos da crítica, surgem tendências que delineiam os traços característicos da identidade desses profissionais.

2.1.1 Definições profissionais

Cada profissão tem sua própria relação com um corpo de saberes científicos, suas aplicações e seus respectivos métodos de ensino, instrumentos e instâncias de formação. Algumas são facilmente associadas a uma atividade ou conjunto de atividades finais que circunscreva seus atores e dirija seu processo de formação. É o que se verifica na área da Medicina e do Direito, por exemplo. No caso da engenharia, a profissionalização da atividade rapidamente passou a conduzir e orientar a formação dos novos engenheiros, constituindo assim a sua imagem e delimitando a sua atuação na sociedade.

Segundo Lemaître (2003, p. 53), a aparição dos engenheiros está ligada “ao desenvolvimento da técnica e à ascensão de uma burguesia que colocou a matemática a serviço da economia por volta do fim da Idade Média”. Desde então, eles tomaram lugar na sociedade como responsáveis pela implantação dos progressos técnicos e como avalistas de novos sistemas de produção e controle. São agentes do projeto da modernidade e “elemento-chave no processo de condução das inovações tecnológicas aos setores econômicos da sociedade” (OLIVEIRA, 2007, p. 7).

De acordo com Edwin T. Layton (1903-1984), que analisou os discursos das associações de engenheiros norte-americanas entre 1895 e 1920, o engenheiro naquela época era visto como “agente da mudança técnica e portanto como força vital do progresso humano e do Iluminismo”. Era tido também como “o pensador lógico desinteressado e portanto apto a assumir o papel de chefe e árbitro entre as classes”, que tinha como responsabilidade social de garantir que o progresso e os avanços tecnológicos fossem postos a serviço da humanidade (LAYTON, 1986, *apud* DIDIER, 2008a, p. 17, tradução nossa), um ideal tecnocrata próprio da época e não apenas dos Estados Unidos. Didier (2008a, p. 15-16) indica que, no período entre 1900 e 1930, nos Estados Unidos, momento no qual o número de engenheiros explodiu de 45000 para 230000, não houve grande evolução no seu status e na composição da categoria.

75% dos engenheiros da época eram homens brancos oriundos da classe média, munidos de diploma superior. A proporção de mulheres era de apenas 1 em cada 1000 engenheiros.

Hoje, o título de engenheiro provoca fascínio no imaginário das pessoas. Na França como no Brasil, evoca a excelência escolar, o sucesso em um concurso extremamente seletivo e a passagem por um curso pesado com dois anos de conteúdos científicos básicos. Também está associado a um status social elevado e ao pertencimento a uma elite (DIDIER, 2008a, p. 56).

Parece haver um consenso de que o engenheiro é formado para assumir posições gerenciais e de chefia, em específico dentro de empresas. O engenheiro dos tempos do Iluminismo não encarnava apenas a elite científica do país, mas tinha uma vocação para ser mediador nas usinas entre a classe dirigente e os operários. No entanto,

chamado a intervir na estrutura das organizações, na definição das relações entre as pessoas, na utilização de bens e de serviços, no controle das técnicas, ele pode eventualmente encontrar um papel social mais importante do que o de simples executivo técnico que ocupava na segunda metade do século XX. [...] A indústria mostra que não precisa de engenheiros capazes apenas de aplicar princípios técnicos, precisa também de iniciadores de mudança capazes de interpretar o mundo para identificar novas necessidades, carências, aspirações, e de tornar aceitáveis as inovações a todos os atores sociais (LEMAITRE, 2003, p. 68, tradução nossa).

Na França, por exemplo, ele se encaixa na categoria dos “*cadres*”, uma espécie de executivo sênior. Não obstante, Didier (2008a, p. 139) observa que a dificuldade em definir uma identidade coletiva dos engenheiros nos diferentes países reside na característica que muitos destes profissionais têm de um dia não serem mais engenheiros: contrariamente à medicina que pode ser considerada uma atividade-fim, os engenheiros muitas vezes aspiram a cargos de gestão, por mais que tenham orgulho do prestígio de seu título.

No Brasil, essa posição na hierarquia é criticada por autores de inspiração marxista que analisaram o papel do engenheiro na sociedade. Segundo Kawamura (1981, p. 52), historicamente, o engenheiro no Brasil não era formado “homem de Ciência”, e sim “um letrado com aptidões gerais e um mínimo de informações técnico-profissionais, apto a preencher certos papéis da burocracia, na estrutura do poder político e no âmbito das profissões liberais”. Dagnino e Novaes (2008, p. 2) vão mais longe e afirmam que, apesar do engenheiro viver da venda da sua força de trabalho e não ser proprietário dos meios de produção, ele, mesmo assim, tende “a assumir um papel de defensor dos interesses do capital e não do trabalho”. Na perspectiva de

Dagnino e Novaes (2008, p. 3), os engenheiros são os agentes técnicos do capital e acabam por internalizar os valores do “controle, individualismo, dominação dos trabalhadores, produção voltada à reprodução do capital”.

Nas empresas, as funções variam de acordo com o setor de atividade e a área de atuação. Conforme o engenheiro sobe de nível na sua atuação, afastando-se da operação ou do “chão de fábrica”, há um aumento nas requisições de ordem administrativa e uma diminuição da aplicação do seu saber técnico específico. Na opinião de Giré *et al.* (2000, p. 203-204), os engenheiros são caracterizados por uma classificação segundo a qual variam as atribuições dos profissionais de acordo com sua posição nos níveis da empresa:

Quadro 1: Atribuições de um engenheiro em função do nível de atuação na empresa (adaptado de Giré *et al.*, 2000, p. 203-204).

Nível 0	Operação
Nível 1	Exploração-produção Coordena e comanda as operações. Age em tempo real com relação aos fenômenos que pilota.
Nível 2	Gestão-organização Orquestra as funções do nível 1, fixando seus objetivos, repartindo seus meios e controlando os resultados. Defasado em relação ao nível 1.
Nível 3	Evolução-desenvolvimento Avalia o meio empresarial e elabora estratégias e orientações para o nível 2, de maneira a garantir o desenvolvimento e a coerência da empresa no contexto em que está inserida. Apoia-se na função concepção-inovação, ou pesquisa e desenvolvimento, na vigilância tecnológica e na política de comunicação e formação.
Nível 4	Mutação-prospecção Faz avaliações a longo prazo e orienta as escolhas estratégicas do nível 3, favorecendo a pesquisa e criatividade, a filosofia e a cultura da empresa

Isso corresponde em parte à hierarquia proposta por Silveira (2005, p. 39) que descreve os cargos de um engenheiro com base na sua função: técnico especializado, técnico generalista, gerente técnico, gerente de produto, gerente de processo, gerente corporativo. A atuação do engenheiro também pode ser classificada conforme a ênfase que é dada a determinado campo de formação, seja ele o da formação tecnológica, de um treinamento técnico especializado, de uma formação científica

específica, de uma formação social ou gerencial aprofundada, ou de uma formação cultural e ética (SILVEIRA, 2005, p. 40).

Uma iniciativa recente do Massachusetts Institute of Technology (MIT) em parceria com universidades suecas chamada CDIO – cuja tradução seria Conceber-Projetar-Implementar-Operar –, muito em voga nas escolas de engenharia do hemisfério Norte, apresenta os percursos de carreira possíveis para um engenheiro, baseados na associação de habilidades gerais e específicas que ele desenvolverá ao longo de sua formação (CRAWLEY *et al.*, 2007). Nota-se na figura abaixo que, dentre as habilidades gerais, apenas uma, “raciocínio engenheiral e solução de problemas”, é essencialmente tecnológica.

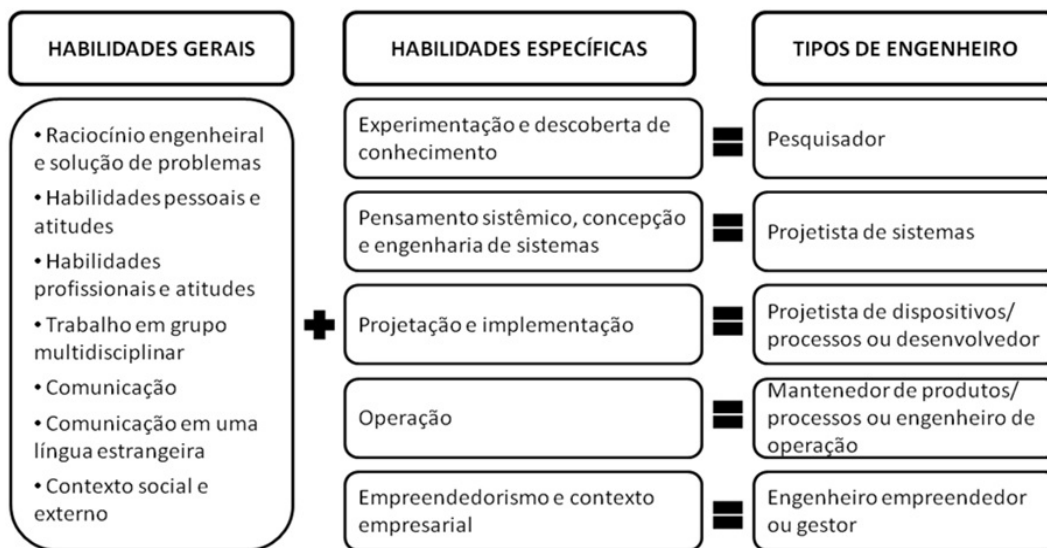


Figura 1: Percursos de carreira profissional para engenheiros. Fonte: Crawley *et al.* (2007, p. 60).

Se por um lado a abordagem CDIO indica que o engenheiro precisa acumular habilidades gerais e específicas, o levantamento de Giré *et al.* (2000) junto aos alunos, profissionais e diretores de escolas franceses sugere três feixes de saberes: saberes fundamentais (matemática, ciências e técnicas), saberes de formação humana (comunicação, relações humanas, humanidades) e saberes de “conexão” (concepção, inovação, método e gestão da produção). No ciclo básico das classes preparatórias francesas – que podem ser comparadas aos ciclos básicos adotados por escolas brasileiras de engenharia –, desenvolve-se particularmente as seguintes qualidades: análise, síntese, ciências, resistência física e psíquica, elitismo, competitividade, capacidade de produzir uma grande quantidade de trabalho, e método (GIRÉ *et al.*, 2000, p. 57). Quanto mais rígido esse aprendizado, menos espaço existe para a

aquisição de conhecimentos sobre outras áreas. Porém, a capacidade de resolver problemas complexos é determinante para o engenheiro: é ela que o define e a presente incapacidade de muitos de encarar a complexidade é tida como sua maior fraqueza (p. 98). Há uma perda portanto na apreensão integral da realidade dos problemas de engenharia quando o ensino se fecha e os conteúdos se restringem. Em ordem decrescente, os engenheiros franceses sentem falta de conhecimentos empresariais (gestão, economia e estágios de formação na graduação); cultura geral; ciências sociais, em especial a sociologia; línguas e uma abertura a outras culturas (não necessariamente de forma instrumental); filosofia (ética, epistemologia, história das ciências e metodologia); e, timidamente, conhecimentos no campo político, mas desses, citam apenas a geopolítica e a cidadania (p. 101).

2.1.2 Deontologia e ética

A professora Christelle Didier, do departamento de ética da Universidade Católica de Lille, para introduzir a relevância do estudo da ética para os engenheiros, atesta que “o desenvolvimento das técnicas suscita questões éticas e os engenheiros contribuem de maneira necessária à existência e implantação destas técnicas” (DIDIER, 2008b, p. 18, tradução nossa). A seu ver, justamente por haver uma multiplicidade de definições para a profissão à qual corresponde o trabalho de engenharia, é preferível o conceito de “ética setorial”, sob o primado de um contexto específico ou de uma situação da atuação, do que evocar os deveres de uma profissão. Assim, a ética da engenharia – ou *engineering ethics* como é comumente conhecida essa disciplina – constitui um espaço para a reflexão sobre teorias morais que podem complementar outros métodos e ferramentas de análise usados para investigar as implicações éticas das escolhas sobre a técnica. Em suma, “o conceito de *engineering ethics* tem o mérito de lembrar a origem humana das tecnologias ao fazer referência a uma prática e a indivíduos que nela exercem um papel específico: os engenheiros” (DIDIER, 2008b, p. 21, tradução nossa). Mais ainda, é preciso reconhecer a grande variedade de consequências e riscos sociais inerentes aos objetos gerados pela engenharia, cujas aplicações têm desdobramentos sociais, sanitários, ecológicos, culturais, políticos, econômicos, etc. (p. 24).

Desde a American Society of Civil Engineers (ASCE), criada em 1852 e considerada por muitos historiadores como a primeira associação profissional de engenheiros (DIDIER, 2008a, p. 12), a maioria das associações teve como objetivo principal a constituição dos engenheiros como classe social de trabalhadores científicos. A ASCE

reunia os engenheiros “não-militares”, portanto, civis. Com a aparição e formalização de novas atuações para os engenheiros, as associações se multiplicaram.

Bem antes do surgimento do primeiro código de conduta profissional, o Institute of Civil Engineers (ICE) publicou em 1828, na Grã-Bretanha, uma legislação profissional para os engenheiros britânicos. Quase um século depois, inspirado pelo texto do ICE, o American Institute of Consulting Engineers propôs, em 23 de Junho de 1911, o primeiro código para a profissão. As principais associações norte-americanas adotaram seus próprios códigos nos anos seguintes. Todos possuíam as mesmas características, indicando os atos e atitudes incompatíveis com a honra e a dignidade da profissão, salientando a importância da lealdade para com a empresa. Paradoxalmente, em vez de promover o desenvolvimento e o prestígio da profissão, esses códigos de ética acabaram minando a autonomia dos profissionais (DIDIER, 2008a, p. 14-15).

Os primeiros códigos profissionais dos Estados Unidos tentaram definir o que seria o comportamento virtuoso dos engenheiros. Estavam mais preocupados então com a sua imagem do que com a sua eficácia concreta para orientar as decisões de seus profissionais, insistindo na lealdade dos engenheiros aos seus empregadores. Aos poucos, foram incorporados outros elementos: a excelência técnica e o bem público nos anos 1940; a prevenção de riscos e a segurança nos anos 1960; e, já nos anos 1980, a preocupação ambiental (DIDIER, 2008a, p. 23; DIDIER, 2008b, p. 26). Entretanto, não há nos Estados Unidos um código de ética comum a todas as sociedades de engenheiros devido à diversidade de interesses e ideais entre os profissionais, que deu origem a um grande número de associações distintas. Dentre elas, o Institute of Electric and Electronic Engineers (IEEE), com seus 300000 membros, é hoje a associação de engenheiros mais numerosa e importante dos Estados Unidos, quiçá do mundo (DIDIER, 2008a, p. 18). Seu código de ética data de 1974. A versão de 1990 do código do IEEE menciona diversos dos aspectos supracitados em sua formulação, começando por:

Nós, membros da associação IEEE, reconhecendo a influência das técnicas que desenvolvemos sobre a qualidade de vida de todos, e aceitando a obrigação pessoal que nós devemos à nossa profissão, aos seus membros e às comunidades que servimos, aqui nos engajamos a adotar a mais elevada conduta profissional e ética e aceitamos portar a responsabilidade de nossas ações tomando as decisões conformes à segurança, à saúde e ao bem público, e divulgar rapidamente qualquer fator podendo colocar em perigo o público ou o meio-ambiente (IEEE, 1990, *apud* DIDIER, 2008a, tradução nossa).

É dado destaque ao *whistleblowing*, prática que protege os profissionais que denunciam atos ilícitos cometidos em organizações e que beneficia de legislação específica nos Estados Unidos. Esse tema, que delimita o campo de atuação do engenheiro e envolve a tensão entre liberdade de expressão do profissional e a sua obediência corporativa, gerou muitas reflexões sobre o que fazer em casos de dilema ético. Na França, o sindicato CFDT (*Confédération Française Démocratique du Travail*) publica um guia para os profissionais que não saibam como agir nesse tipo de circunstância mais delicada.

No ano 2000, o Institut National et Polytechnique de Grenoble (INPG), na França, lançou o seu *Manifeste pour la technologie à service de l'Homme* (em tradução livre, “Manifesto pela tecnologia a serviço do Homem”), construído em torno de sete princípios fundamentais:

a democracia, a objetividade e honestidade, a precaução, a responsabilidade e a transparência, a necessidade de dar sentido à tecnologia, a importância de ser empreendedor do conhecimento e, por fim, a necessidade de uma formação verdadeiramente científica, plural, humanista e cotidiana (DIDIER, 2008a, p. 112, tradução nossa).

No Brasil, o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) publicou em 6 de Novembro de 2002 o *Novo Código de Ética Profissional* no qual afirma que:

Art. 4º - As profissões são caracterizadas pelos seus perfis próprios, pelo saber científico e tecnológico que incorporam, pelas expressões artísticas que utilizam e pelos resultados sociais, econômicos e ambientais do trabalho que realizam.

Art. 5º - Os profissionais são os detentores do saber especializado de suas profissões e os sujeitos pró-ativos do desenvolvimento.

Art. 6º - O objetivo das profissões e a ação dos profissionais volta-se para o bem-estar e o desenvolvimento do homem, em seu ambiente e em suas diversas dimensões: como indivíduo, família, comunidade, sociedade, nação e humanidade; nas suas raízes históricas, nas gerações atual e futura.

Art. 7º - As entidades, instituições e conselhos integrantes da organização profissional são igualmente permeados pelos preceitos éticos das profissões e participantes solidários em sua permanente construção, adoção, divulgação, preservação e aplicação (CONFEA, 2002).

É um código bastante completo que, além de fornecer uma identidade genérica para a profissão e seus profissionais, estabelece os princípios éticos, deveres, condutas vedadas, e direitos dos seus membros, abrangendo todos os elementos citados nos códigos europeus e norte-americanos.

Como hoje o poder de incitação dos códigos é pequeno, são adotadas duas estratégias para estimular a ética na engenharia: a formação ou a regulamentação da prática. Quanto à primeira, em muitos países existem disciplinas que tratam da ética profissional. Nos Estados Unidos por exemplo, a Accreditation Board of Engineering Technology (o equivalente do CONFEA) decretou a obrigatoriedade de disciplinas de ética nos currículos das escolas de engenharia (DIDIER, 2008a, p. 39). No tocante às sanções da prática, há uma questão de jurisdição que se aplica a cada caso. Em todos os países existem associações profissionais que controlam o exercício da profissão, outorgando as credenciais necessárias para a atuação. No Canadá, a OIQ, Ordem dos Engenheiros do Québec, faz os engenheiros passarem por um exame de ordem, como para advogados ou médicos, e monitora a prática de forma a garantir o respeito da integridade profissional. Lá, o código de deontologia tem valor de lei. Geralmente, em outros países, é reservada aos governos a prerrogativa de perseguir os casos mais graves de desvio de conduta, com a criação de leis como a de proteção aos *whistleblowers*, por exemplo.

No Brasil, o CONFEA e suas representações estaduais não animam grandes debates em torno dos códigos deontológicos, obrigando a encarar com prudência a efetividade de seu código de ética. E, embora os artigos 13 e 14 determinem que atentar contra os princípios do código constitua uma infração ética, é deixado em aberto o mecanismo para tratá-la (CONFEA, 2002).

Ademais, os engenheiros têm, em geral, uma relação difícil com a organização coletiva. Sua sindicalização costuma ser relativamente baixa, assim como sua articulação política. Dessa forma, o CONFEA e suas repartições regionais acabam atraindo pouca participação e exercem uma função predominantemente administrativa de emissão de certidões e registros. Os sindicatos de engenharia padecem da mesma desmobilização. Esses organismos, embora possuam relações com as instâncias de formação e o governo, não atuam em sinergia e não atingem o seu potencial para a regulamentação da atividade de engenharia e a respectiva orientação para a formação em engenharia.

2.1.3 O novo engenheiro

Com a mutação das exigências que pairam sobre a engenharia e as evoluções organizacionais e sociais das últimas décadas, mais e mais pesquisadores estão interessados na identificação do perfil ideal para os engenheiros e como obtê-lo. Idealmente, com um cenário tão repleto de percalços, dever-se-ia estar formando

inúmeros “super-engenheiros” para contrabalançar as dificuldades que lhes são impostas, ou seja, profissionais extremamente afiados em termos técnicos e com uma bagagem multidisciplinar à altura da complexidade dos problemas aos quais são confrontados, conscientes das consequências de suas ações sobre o meio ambiente. Todos educados em instituições de ensino com as devidas condições financeiras, adaptadas às demandas rapidamente cambiantes da sociedade brasileira, e com possibilidade de absorção no mundo do trabalho e no setor produtivo.

Segundo Robert Germinet (1997), diretor da École des Mines de Nantes, na França, esse novo tipo de engenheiro deve ser pluridisciplinar, um gestor de competências e mediador de relações humanas. Para ele, em sua atuação,

o engenheiro encarregado de um projeto tornou-se um padrão de microempresa. Para fazê-la prosperar, ele precisa possuir uma grande autonomia, um sólido senso de mediação de equipes, uma grande qualidade de escuta, uma forte capacidade de adaptar-se e levar em conta as restrições cada vez maiores (segurança, normalização, qualidade, logística...). Salvo exceção, o engenheiro não é mais um especialista, é, antes de tudo, um gestor de competências. Precisa saber o que não sabe e saber navegar no saber dos outros. Seu comando não é mais baseado no saber, na autoridade, no monopólio das informações, mas na abertura intelectual, na adaptação do comportamento, na capacidade de fazer trabalharem juntos outros engenheiros, técnicos, operários de ofícios e comportamentos distintos. É a hora da cooperação (GERMINET, 1997, p. 22, tradução nossa).

Esse novo profissional a princípio substitui a satisfação material pura por outras aspirações como “consideração e valorização, associação ao destino da empresa e a um projeto coerente, e melhor equilíbrio entre vida familiar e vida profissional” (p. 22, tradução nossa). Deve saber mediar equipes, integrar competências múltiplas, e ter “a inteligência das situações, isto é, dominar a compreensão dos fatos que aprenderão a observar e as ações que deverão pôr em prática. Portanto devem saber escutar, observar, conceituar, criar e reagir rápido” (p. 16-18, tradução nossa).

Formar jovens engenheiros com esse perfil depende fundamentalmente do seu contato com a realidade da profissão de forma prática, por meio de experiências concretas com os desafios do campo: o trabalho em equipes pluridisciplinares, a consideração de fatores diversos e não apenas técnicos, as restrições particulares dos setores produtivos e do meio organizacional em geral. No entanto, o autor observa que os programas das escolas já se encontram sobrecarregados e os alunos esgotados (p. 70), o que limita em muito a possibilidade de inclusão de novos módulos de estágio, conteúdos ou práticas pedagógicas. Sua proposta de método de aprendizado pela ação, utilizada na sua escola, baseia-se no modelo desenvolvido por Jerry Pine do

Caltech em Pasadena e pelo prêmio Nobel da Física Leon Lederman. Consiste num processo personalizado de construção da realidade. Conta com uma iniciação progressiva ao comportamento e exercício profissional do engenheiro industrial, associada a atividades tutoriais de realização autônoma de avançados protocolos experimentais para a fabricação de artefatos tecnológicos.

Mas o discurso de Robert Germinet, embora ressalte a importância da abertura do engenheiro para outras áreas e suas qualidades humanas, ainda é voltado para o atendimento exclusivo das demandas dos setores industriais correspondentes às diferentes especializações. Assim, fala de “empregadores que precisam de armas novas se quiserem ganhar a batalha econômica” e diz que as escolas “justamente só são legítimas na medida em que satisfazem os setores industriais cujo desenvolvimento devem servir” (p. 17, tradução nossa). Por esse olhar, a formação deve corresponder o máximo possível às expectativas das empresas (p. 19).

No Brasil, o professor Marcos Azevedo da Silveira⁴ analisou o atual contexto internacional de atuação dos engenheiros e os perfis de formação do ponto de vista do mercado de trabalho, da sociedade, da academia e do aluno, e sugeriu que as escolas focalizem no desenvolvimento da capacidade de inovação do engenheiro. Assim, o perfil ideal de formação do engenheiro empreendedor de base científica consiste nas competências seguintes:

- capacidade de gerenciar seu próprio fluxo de informações: capacidade de aprender por conta própria, o que exige uma ampla base cultural e científica, dado o presente estado do desenvolvimento tecnológico e a emergência de novos problemas;
- competência para criar, projetar e gerenciar intervenções tecnológicas: ser um proponente e um solucionador de problemas;
- competência em comunicação;
- capacidade de trabalho em equipe, capacidade de liderança;
- capacidade de avaliar impactos sociais e ambientais de suas intervenções, ter perspectiva sobre suas próprias ações;
- visão de mercado, perspicácia em negócios;
- comportamento ético;
- e *last but not least*, espírito empreendedor.

⁴ Falecido em 2009, o professor Marcos Azevedo da Silveira, da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, esteve por anos engajado em pesquisas sobre a formação em engenharia. Em 2010, a PUC-Rio inaugurou o Núcleo de Educação em Ciências e Engenharia, que leva o seu nome.

Espírito empreendedor significa a capacidade de criar novos valores através do reordenamento da realidade (SILVEIRA, 2005, p. 100).

Com base em suas experiências em atividades de extensão voltadas para o auxílio de empreendimentos econômicos solidários (EES), Fraga *et al.*(2007) refutam a visão neutra da tecnociência, e afirmam que não é mais possível dissociá-la de sua construção social, de seus atores e do contexto em que é desenvolvida. Assim, os autores distinguem “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” (FRAGA *et al.*, 2007, p. 9). 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, a prática do Engenheiro Educador ainda pode ser considerada como marginal, tanto para docentes quanto para discentes.

Os Engenheiros Educadores são normalmente formados por meio da relação entre a prática de incubação das incubadoras tecnológicas de cooperativas populares e os estudos teóricos, ao atuarem em 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). Quando atua nesse novo tipo de prática tecnológica, o engenheiro encontra-se inserido em um contexto sócio-ambiental específico e distinto do meio industrial comumente visado pela sua formação. Sua ação 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 nesse processo tem caráter participativo e seu foco está na resolução coletiva de um problema técnico, podendo portanto ser considerada uma pesquisa-ação⁵ (DWEK, 2008).

⁵A pesquisa-ação é comumente classificada dentro da família dos métodos participativos. Com efeito, uma das características marcantes do procedimento de uma pesquisa-ação é a aproximação entre os agentes envolvidos, promovida no decurso do planejamento, execução e avaliação de uma ação. No entanto, ela deve ser considerada “antes como estratégia de conhecimento ancorada na ação do que simples componente da família dos métodos participativos” (THIOLLENT, 2005, p. 174).

2.2 ENQUADRAMENTO DA REFLEXÃO

Há uma polêmica histórica dentro do ensino profissionalizante entre a instrução programada e a construção do conhecimento. É a oposição entre a cabeça bem cheia e a cabeça bem feita de Montaigne, ou seja, entre se ter uma memória e uma cultura importantes ou uma mente bem estruturada e com boas capacidades de raciocínio lógico. Desde que se tornou centro de emissão de diplomas e títulos, porta de entrada do mercado de trabalho, a universidade passou a seguir uma lógica industrial para tentar atender às massas que batem à sua porta. Hoje, reina a instrução programada. Retomando o modelo clássico da engenharia de produção, os cursos universitários parecem ter adotado o molde da produção seriada conforme a Figura 1, apresentada abaixo:

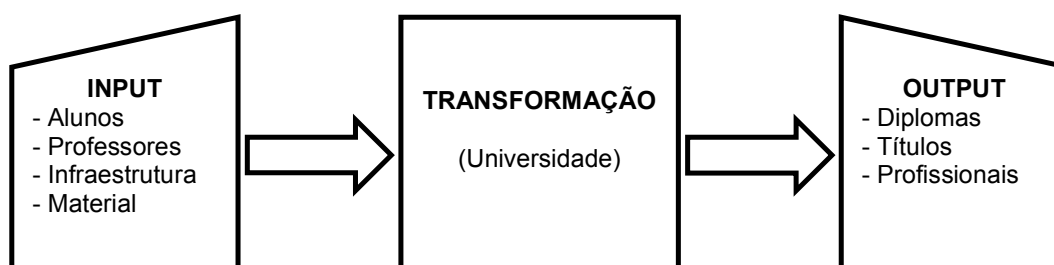


Figura 2: O modelo produtivo da instrução programada.

Segundo Sacristán (2000), o currículo prescrito é um instrumento das políticas curriculares que “prescreve certos mínimos e orientações curriculares” e

tem uma importância decisiva, não para compreender o estabelecimento de formas de exercer a hegemonia cultural de um Estado organizado política e administrativamente num momento determinado, mas sim como meio de conhecer, desde uma perspectiva pedagógica, o que ocorre na realidade escolar, à medida que, neste nível de determinação, se tomam decisões e se operam mecanismos que têm consequências em outros níveis de desenvolvimento do currículo (p. 107-108).

Para o autor, as prescrições e regulações curriculares têm como objetivo estabelecer uma cultura comum para os membros de uma comunidade, organizar o saber dentro da escolaridade e dos níveis de formação, e controlar a prática e a qualidade do ensino, garantindo assim uma pretensa igualdade de oportunidades para seus egressos. Elas estão baseadas em condições econômicas, políticas, sociais, culturais e administrativas de cada instituição. O currículo prescrito é apresentado aos professores por meio de alguma tradução e interpretação do conteúdo a ser abordado, sobretudo na forma de livros-textos. Ele é em seguida moldado pelo professor e concretizado na proposta de tarefas acadêmicas. Assim, “por mais controlada,

rigidamente estruturada, ou por muito tecnicizada que uma proposta de currículo seja, o professor é o último árbitro de sua aplicação nas aulas” (SACRISTÁN, 2000, p. 175).

2.2.1 As Diretrizes Curriculares Nacionais

No Brasil, a formação em engenharia é regida pela Lei 9.394 de 20 de Dezembro de 1996 que estabeleceu as “Diretrizes e Bases da Educação Nacional” e, mais especificamente, pela resolução CNE/CES 11/2002, que instituiu as “Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia”. Esses dois marcos legais do país representam uma evolução considerável com relação à regulamentação anterior, à época do Conselho Federal de Educação, datada de 1976, que estipulava os “Currículos Mínimos” para os cursos de graduação em engenharia.

A nova legislação representa um avanço, pois define o perfil do formando em engenharia como um profissional

[...] 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. (BRASIL, 2002a, art. 3º)

Para atingir o propósito de formar esses engenheiros, é exigido das instituições de ensino superior um projeto pedagógico do curso “que demonstre claramente como o conjunto das atividades previstas garantirá o perfil desejado de seu egresso e o desenvolvimento das competências e habilidades esperadas” (BRASIL, 2002a, art. 5º). Quanto ao currículo, conteúdos básicos e específicos mínimos são definidos, com suas respectivas proporções na carga horária do curso, embora não haja menção a uma carga horária total. Nota-se que é exigido o estímulo de atividades complementares, “tais como trabalhos de iniciação científica, projetos multidisciplinares, visitas técnicas, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias e outras atividades empreendedoras” (BRASIL, 2002a, art. 5º).

Hoje, o quadro de referência para a concepção dos cursos de graduação em engenharia no Brasil são as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN), reguladas pela Resolução CNE/CES 11 de 11 de Março de 2002 (BRASIL, 2002a). De acordo com o professor e ex-diretor da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (POLI/UFRJ), Antônio Cláudio Gómez de Sousa, as DCN foram o resultado de um processo de discussão limitado, no curto prazo de seis meses e sem articulação da sociedade civil em escala nacional (SOUSA, 2010). Se comparadas à regulamentação anterior de 1976, que estipulava “Currículos Mínimos”, as novas Diretrizes abarcam

contribuições ao mesmo tempo modernizadoras e conservadoras em sua redação final: definem o perfil do formando em engenharia como um profissional

[...] 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 (BRASIL, 2002b, art. 3°),

mas também excluíram do texto as atitudes voltadas à “responsabilidade social e ambiental e o compromisso com a eliminação de toda forma de exploração, opressão ou discriminação” (SOUSA, 2010, p. 6). Com isso, a formação em engenharia, ainda regimentada de maneira neutra e destituída de valor social intrínseco, acentua a gravidade dos fenômenos de exclusão, a falta de confiança em matéria científica e o papel ambíguo da tecnociência no processo de desenvolvimento (SUTZ, 1998).

Há portanto uma contradição direta entre os currículos atuais e o Parecer do CNE/CES 1362/2001, que foi publicado como introdução às Diretrizes Curriculares, e afirma que “o novo engenheiro deve ser capaz de propor soluções que sejam não apenas tecnicamente corretas. Ele deve ter a ambição de considerar os problemas em sua totalidade, em sua inserção numa cadeia de causas e efeitos de múltiplas dimensões” (BRASIL, 2002b, p. 1).

A grande contribuição das DCN para a formação em engenharia é estabelecer a necessidade de projeto pedagógico para todo e qualquer curso “que demonstre claramente como o conjunto das atividades previstas garantirá o perfil desejado de seu egresso e o desenvolvimento das competências e habilidades esperadas” (BRASIL, 2002a, art. 5°). Isso obriga as escolas a refletir sobre as questões relativas à formação de seus engenheiros e criar um documento que não somente divulga suas resoluções, como também serve de parâmetro para possíveis críticas.

2.2.2 Os fóruns de discussão da educação em engenharia no Brasil

A relevância e a premência de uma reflexão sobre as formações em engenharia no país já são debatidas em alguns fóruns há bastante tempo. A Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE) publica regularmente a Revista de Ensino de Engenharia e organiza, há 40 anos, os Congressos Brasileiros de Educação em Engenharia (COBENGE). Esses congressos são hoje enormes eventos que reúnem centenas de apresentações de *papers*, minicursos, workshops e sessões dirigidas, permitindo a professores e pesquisadores da área divulgar suas práticas e tomar conhecimento do que é realizado ao redor do país. Pela sua dimensão, o COBENGE

abriga todo o tipo de discussão sobre ensino de engenharia, desde indagações sobre como evitar a alta evasão dos cursos até discursos críticos do atual modelo de engenheiro, passando por propostas didáticas das mais diversas.

Em Setembro de 1995, a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) lançou o Programa de Desenvolvimento das Engenharias (PRODENGE). Com empréstimo da ordem de 451 milhões de dólares, em valores não corrigidos, do Banco Interamericano para o Desenvolvimento (BID) e a participação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior (CAPES), da Secretaria de Educação Superior (SESu), do Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e de parcerias com agências estaduais, o Programa tinha como objetivo estruturar e modernizar o ensino e as condições de pesquisa na área das engenharias. Foram disponibilizados recursos sem retorno financeiro, empréstimos, bolsas de diversos níveis, auxílios individuais para pesquisas e eventos, consultoria etc., através de editais oriundos de um processo de reflexão realizado

com participação de expressiva parcela da comunidade acadêmica, de engenheiros de institutos e centros de pesquisa, de lideranças empresariais e de entidades representativas da engenharia nacional, destacando-se, entre estas, a Academia Nacional de Engenharia, a Federação Brasileira das Associações de Engenheiros (FEBRAE) e da ABENGE (PIRRÓ e LONGO, 2004, p. 4).

O PRODENGE incluía um sub-programa de Reengenharia do Ensino de Engenharia (REENGE) que disponibilizou recursos para as escolas de engenharia, por meio de editais lançados pela FINEP em 1996 e 1998. Os editais tinham os seguintes objetivos e exigências:

- viabilizar a realização de projetos de pesquisa e desenvolvimento experimental relacionados com os programas de reformulação de ensino de engenharia, previstos no Edital de Adesão ao REENGE 01/95-96, complementando os investimentos realizados pela CAPES, SESu e CNPq;
- pesquisa e desenvolvimento experimental, enquanto métodos de ensino, no sentido de desenvolver a criatividade dos estudantes e capacitá-los a enfrentar problemas novos;
- introdução de práticas da engenharia moderna nos currículos, mediante experimentação e desenvolvimento de projetos práticos e úteis, tanto como exigência final dos cursos, quanto como orientação central dos programas de ensino;
- criação de hábitos do trabalho cooperativo pelo envolvimento de diferentes especialidades da engenharia e de outras áreas do conhecimento (física, química, biologia, matemática, informática, etc.);

- as propostas deveriam relacionar-se com os experimentos didáticos e metodológicos em curso para melhoria da aprendizagem;
- participação ou demonstração de interesse por parte de empresa ou de um conjunto de empresas no(s) produto(s) ou serviço(s) resultante(s), e/ou na capacitação a ser adquirida com o desenvolvimento do(s) projeto(s) (o não atendimento desta exigência seria aceita em casos excepcionais, mediante justificativa);
- o resultado do projeto deveria dar origem a um produto. Exemplos: barco, robô, pequeno veículo, uma máquina, um *software*, desenvolvimento ou aprimoramento de um processo, etc. (PIRRÓ e LONGO, 2004, p. 7).

A seleção se deu com base em um plano de trabalho que definisse o perfil desejado de engenheiro e as metodologias e experimentos pedagógicos para atingi-lo, que envolvesse o 2° grau na região da escola e os 3° e 4° graus da própria instituição, e que implicasse os departamentos de física, química, biologia, matemática e informática. Apesar de atrasos na liberação dos recursos, 235 projetos de 44 instituições foram contemplados, totalizando investimentos de mais de 13,5 milhões de reais. A CAPES e a SESu forneceram recursos para a infra-estrutura de laboratórios e o CNPq disponibilizou bolsas de fomento tecnológico (PIRRÓ e LONGO, 2004, p. 7).

No começo dos anos 2000, com as sucessivas trocas no Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, as ações do PRODENGE foram descontinuadas. Apesar disso, a iniciativa contribuiu para mobilizar as escolas em torno de reflexões sobre o aprimoramento do ensino de engenharia, revitalizar as estruturas de ensino, pesquisa e extensão e criar alianças entre laboratórios de pesquisa.

Em escala menor e dentro de um contexto mais restrito e regional, alguns professores da Escola Politécnica da UFRJ organizaram desde o final da década de 1990 os Encontros de Ensino de Engenharia (EEE), que chegaram a contar com a participação de professores de outras instituições como a Universidade Federal Fluminense (UFF) ou a Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Esses encontros tinham o intuito de preencher a lacuna na formação dos professores de engenharia e deram origem inclusive a uma proposta de mestrado e doutorado em educação em engenharia, que não foi levada a cabo. Em 2007, por falta de apoio institucional, os encontros foram descontinuados.

Constituído por professores do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, o Núcleo de Estudos e Pesquisas em

Educação Tecnológica há tempos atua na área do ensino de engenharia. Coordenado pelo professor Walter Antônio Bazzo, o grupo construiu um programa de pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, com mestrado e doutorado, voltado para a educação tecnológica, as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), a história da ciência e da tecnologia, a metodologia científico-tecnológica, e a epistemologia da tecnologia. O grupo publicou seis livros e também se encarrega de duas disciplinas de graduação: Introdução à Engenharia Mecânica e Tecnologia & Desenvolvimento. Em sua página na internet estão publicados 119 artigos de revistas e congressos, resultado de suas experiências em sala de aula e da orientação de seus estudantes.

Sediado na Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, o Observatório da Educação em Engenharia (OEE) – ou Núcleo de Estudos e Pesquisas sobre Formação e Exercício Profissional em Engenharia (NEPENGE), conforme denominação oficial – desenvolve “atividades de estudos e pesquisas sobre a formação e o exercício profissional em engenharia em termos de: retrospecto, atualidade, evolução e prospecção; organização, gestão, e avaliação de cursos e de sistemas educacionais de engenharia” (UFJF, s/d, “Observatório Engenharia”). Coordenado pelo professor Vanderli Fava de Oliveira, o Observatório executa projetos de pesquisa com alcance diverso, desde um estudo de indicadores para a formulação de propostas e políticas para o aprimoramento da formação em engenharia, até o levantamento da memória da Engenharia de Produção e de sua Associação no Brasil. O grupo também publica artigos nos principais eventos de sua área, sempre recolhendo extensivamente informações e características das formações em engenharia no Brasil. A partir de 2009, participou da realização do compêndio, organizado pelo CONFEA, sobre a “Trajetória e Estado da Arte da Formação em Engenharia, Arquitetura e Agronomia” que, com a colaboração de 60 professores e pesquisadores, constitui um estudo amplo das formações em engenharia no Brasil.

Uma pesquisa no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq com as palavras “educação” e “engenharia” retornou ainda o Grupo de Pesquisa em Ciência, Educação, Tecnologia e Sociedade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, o Grupo de Pesquisa em Ensino de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, o Grupo de Educação em Tecnologia e Engenharia da Universidade de Brasília, Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação em Engenharia da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, e o Grupo de Pesquisa em Ensino de Engenharia da Universidade do Extremo Sul Catarinense.

2.2.3 Novas tendências para o ensino científico-tecnológico

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 essas atuações críticas ao tratar das aplicações concretas dos conceitos técnicos, como também não prepara em nenhum momento o engenheiro para transmitir o conhecimento que acumulou.

Além disso, num grande número de escolas, ainda é propalada 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. Os cursos de engenharia, em seus ensinamentos, não preparam os futuros engenheiros para se posicionarem frente à 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 estudantes de engenharia 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 importância progressiva 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.

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 sócio-ambientais no desenvolvimento de soluções técnicas. Nesse 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, p. 30).

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 essas novas problemáticas.

Faz-se necessária portanto uma concepção da técnica humana que articule melhor as tensões entre ciência, tecnologia e sociedade. Assim, o enfoque interdisciplinar dos estudos CTS, também conhecidos como estudos sociais da ciência e tecnologia, aparece como alternativa mais apropriada para uma requalificação do debate tecnológico. As características centrais dos estudos CTS consistem na inter-multi-transdisciplinaridade⁶ 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 europeia. 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 consequências sociais e na tecnologia. Do outro lado do Atlântico, a linha europeia 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 também rompem com o paradigma do modelo linear do progresso, segundo o qual o desenvolvimento científico gera desenvolvimento tecnológico, que por sua vez impulsiona o desenvolvimento econômico, o que resulta naturalmente 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, p. 6).

Fraga (2007) e Dwek (2008) também apontam que estão presentes nos currículos de engenharia todas as cinco dicotomias fundamentais da educação em ciência e tecnologia identificadas por Gordillo *et al.* (2000), a saber (sempre com uma valorização do primeiro termo em detrimento do segundo): saberes vs. valores, teoria vs. prática, racionalidade vs. criatividade, especialistas vs. leigos, ciência e tecnologia vs. humanidades. Não cabe aqui detalhar os efeitos nocivos de cada dicotomia, mas

⁶ 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 de uma apreensão complexa do conhecimento humano, não restrita aos compartimentos disciplinares.

basta observar que essas separações têm o grande defeito de inibir o desenvolvimento humano dos engenheiros.

Na França, de onde se inspiraram as primeiras escolas de engenharia brasileiras, há tempos existe um consenso de que a formação do engenheiro vai além das ciências ditas exatas, existindo inclusive um departamento de ciências humanas em cada escola de engenharia. De acordo com o professor Denis Lemaître, responsável por um centro de ciências humanas dentro da escola ENSIETA, na cidade de Brest, na França,

o currículo da formação humana é o produto de transações entre os diferentes referenciais instituídos que são o aluno, o saber, a escola, o docente e as práticas sociais do engenheiro, na empresa, no seio da sociedade ou da humanidade como um todo (conforme o ponto de vista) (LEMAITRE, 2003, p. 19, tradução nossa).

Ele propõe uma figura para esse sistema, reproduzida abaixo:

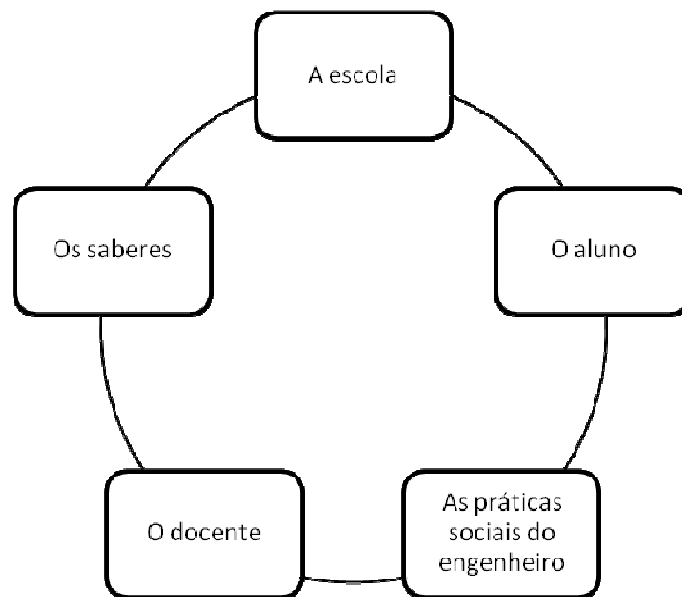


Figura 3: Sistema dos referenciais instituídos que compõem a concepção da formação do engenheiro (LEMAITRE, 2003, p. 20).

O autor indica que o modelo acima não se aplica apenas à formação humana e pode ser ampliado à formação como um todo. A formação humana tampouco é vista como um sub-conjunto claramente delimitado e sim “uma componente difusa da formação do engenheiro, na medida em que os saberes transmitidos são essencialmente transversais” (LEMAITRE, 2003, p. 20, tradução nossa). A sua experiência ao discutir e refletir a formação nas escolas francesas também se confronta às mesmas

oposições e divergências das discussões curriculares daqui: uma espécie de cisão entre

formação teórica e prática, constituição de saberes abstratos ou de *know-how* operacional, engenheiros que baseiam sua atividade sobretudo na autoridade hierárquica e tecnólogos voltados à sua especialidade, engenheiros criadores de conexão social ou simples executores técnicos (LEMAITRE, 2003, p. 28, tradução nossa).

Conforme a orientação e a tradição da instituição, a formação “para além da técnica” pode abarcar “as ciências humanas para engenheiros”, com vocação claramente empresarial, como idiomas, gestão e sociologia das organizações, por exemplo; atividades que contribuam para o “desenvolvimento pessoal” do aluno como estágios profissionais ou de vivência e práticas artísticas; bem como conhecimentos mais gerais de “humanidades”, voltados ao enriquecimento intelectual do estudante (LEMAITRE, 2003). Nas escolas de engenharia brasileiras, esses conteúdos inexistem e, quando aparecem, são inseridos de maneira desconexa e tratados de forma superficial, vistos como itens de “perfumaria” por estudantes e professores, contrariando as próprias DCN em seu 6º artigo, que estabelece conteúdos além das ciências exatas (BRASIL, 2002a, art. 6º).

A pesquisa lexical que Giré *et al.* (2000, p. 89) realizaram com base nas respostas a uma pergunta sobre “o que falta na formação humana dos engenheiros” destacou quatro vetores principais: comunicação; saber-ser e desenvolvimento pessoal; filosofia e ética; e complexidade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. Há também um retorno da filosofia – e de sua manifestação mais contundente, a ética – como fonte de respostas para lidar com a crise de sentido do mundo atualmente, inclusive no meio empresarial (p. 97). De modo geral, o aprendizado de ciência e tecnologia é considerado muito bom enquanto o aprendizado cultural e comunicacional é considerado insuficiente (p. 197).

Mas a própria formação humana nas escolas francesas encontra-se muitas vezes dividida entre uma orientação para atender às necessidades das empresas, e a vocação de todo e qualquer projeto educativo de levar os indivíduos rumo a uma maior humanidade (LEMAITRE, 2003, p. 48). Assim, Lemaître distingue em sua obra três tipos de formação humana para os engenheiros: o modelo das ciências humanas para os engenheiros, o modelo do desenvolvimento pessoal, e o modelo da transmissão das humanidades. Na prática, as escolas acabam escolhendo acentuar algum desses modelos por questões históricas, culturais, ou circunstanciais ligadas ao corpo docente.

O primeiro tipo de formação humana se volta à transmissão de instrumentos para explorar e controlar a realidade profissional, por meio de disciplinas ligadas à comunicação, gestão e conhecimento das organizações. O segundo conjunto visa uma formação de utilidade indireta por meio do desenvolvimento pessoal do estudante, através do autoconhecimento, do reforço psicológico e da reflexão sobre sua imagem social. Sua orientação é ambígua: as disciplinas podem buscar o desenvolvimento generoso da pessoa ou simplesmente municiá-la para enfrentar o mundo empresarial. O terceiro conjunto está voltado para a transmissão de saberes gerais sobre o homem, sua história e suas produções. Sua utilidade é dada pelo enriquecimento intelectual do aluno, considerado como gerador de perspectiva crítica sobre seus mecanismos intelectuais, afetivos e sociais. Todos obedecem a uma lógica de emancipação pela educação (LEMAITRE, 2003, p. 50-51).

Na conclusão de sua tese sobre o ensino de sociologia na formação dos engenheiros agrônomos do ISARA, na França, a professora Annie Dufour destaca que – até mesmo nessa instituição que, desde sua concepção em 1968, inseriu de maneira bastante integrada o uso de métodos sociológicos nos currículos – há uma tensão entre as finalidades filosóficas e econômicas desse aprendizado (DUFOUR, 1998, p. 261). Após entrevistar ex-alunos e avaliar o currículo explícito de sua escola, ela estima que

dentro de uma formação profissional, a experiência do ISARA mostra que a finalidade de um ensino de sociologia pode ser convidar os estudantes a ampliar sua perspectiva do meio no qual irão atuar. Propondo um método de análise que não considera o real como um dado mas que o constroi, as ciências sociais tornam possível uma reflexão epistemológica. Esta só faz sentido e é útil se puder abordar as questões e os problemas que estão, não fora, mas no coração da formação científica e técnica dos futuros engenheiros. Essa função é indissociável de sua função crítica e percebe-se claramente que, dentro de uma formação profissional, seu lugar está sempre ameaçado. Qualquer que seja seu objetivo, sua base teórica e seus métodos, essa função deve sempre ser reconquistada, a menos que a disciplina tenha desistido de sua identidade e se transformado em caixa de ferramentas (DUFOUR, 1998, p. 262-263, tradução nossa).

Contudo, Lemaître afirma que existe uma tendência natural ao ensino pragmático, voltado à transmissão de ferramentas de gestão para o atendimento de um ideal de “sucesso profissional” (2003, p. 97). Essa é a ideia dominante dos discursos sobre a abertura interdisciplinar da formação em engenharia na França, muito preocupados com a crise de desemprego, o que justifica a posição central das empresas no foco das escolas de engenharia. Para Germinet,

o engenheiro deve conhecer as reações de seus clientes e não pode delegar essa tarefa a homens de marketing, sociólogos, ergonomistas ou outros designers. Deve abrir-se a mundos que lhe são estranhos, pois é responsável por um encadeamento de decisões e ações que engaja toda a empresa (1997, p. 62, tradução nossa).

A Ecole Centrale de Lille, membro de um dos mais tradicionais grupos de escolas de engenharia da França, realizou em 1989 uma reforma bastante inovadora visando seis objetivos:

preparação e adaptação antecipada a diversas funções e ofícios, formação à inovação e ao empreendedorismo; autonomia e responsabilização da personalidade em um ambiente socioprofissional, formação ao trabalho em equipe; preparação à inserção internacional; capacidade de apreender sistemas cada vez mais complexos (BIGAND *et al.*, 2006, p. 45, tradução nossa).

O novo currículo é composto de um núcleo rígido de 1200 horas – aproximadamente 60% da carga horária letiva – um núcleo flexível com 200 horas optativas eletivas e 300 horas de projeto, distribuídas ao longo de dois anos, em parceria com empresas-cliente ou laboratórios de pesquisa. No último ano, o aluno pode partir em intercâmbio ou em estágio, ou seguir uma formação adicional entre escola e projeto pessoal. As mudanças curriculares para diminuir a carga horária de aulas e realocar o tempo para atividades de projeto só foram possíveis após um processo de dois anos de reflexão e o compartilhamento dos objetivos da reforma com todo o corpo docente. Foram convocados professores externos para as vagas de condução de projetos e aos poucos outros foram aderindo até esse grupo tornar-se o maior lugar de socialização interdisciplinar da escola. No caso das atividades profissionalizantes o engajamento é marginal, pois não houve o mesmo processo de reflexão. De forma a paliar as dificuldades de adaptação a esse novo modelo, formações complementares continuadas são ministradas ao corpo docente (BIGAND *et al.*, 2006, p. 55-56). O novo referencial pedagógico, apresentado a seguir, baseia-se em oito competências que abrangem aprendizado teórico, heurísticas, realizações práticas, qualidades de comunicação e gestão do conhecimento, e habilidades de gestão.

Quadro 2: Referencial pedagógico das habilidades e competências na ECLille (adaptado de BIGAND *et al.*, 2006, p. 45-46).

CONCEBER	Formular o problema
	Formalizar, modelizar
	Imaginar soluções a partir da modelização
	Escolher as soluções satisfatórias
CONCRETIZAR	Entregar um modelo realista com a garantia de sua factibilidade
	Experimentar
	Produzir
INOVAR	Mobilizar, estimular a criatividade pessoal ou de um grupo
	Escutar o meio exterior
	Apontar criatividade para um objetivo
	Produzir soluções
MEDIAR	Explicitar e valorizar um projeto
	Impulsionar uma dinâmica em um projeto
	Realizar seu acompanhamento
ORGANIZAR	Implementar meios e métodos adaptados para assegurar a troca de informações e instruções entre atores de um sistema
	Regular e controlar a evolução de um sistema implementado até a conclusão do projeto
COMUNICAR	Compartilhar informações precisas e claras
	Escutar seus parceiros
	Desenvolver o sentido do contato
	Organizar a circulação de informações por meios e métodos apropriados
	Argumentar as orientações
FORMAR	Selecionar as pessoas que vão seguir uma formação
	Elaborar um plano de formação
	Conduzir toda ou uma parte da formação
	Avaliar o crescimento das potencialidades dos recursos humanos
EMPREENDER	Dirigir, gerir
	Vender, negociar
	Agregar valor
	Controlar os riscos
	Ser autônomo

Em seu estudo sobre experiências que coletou em diversas escolas de engenharia do mundo, Silveira (2005, p. 97) parte da hipótese de que expor o aluno a atividades contextualizadas é a melhor maneira de gerar uma competência e propõe a adoção de uma educação baseada em problemas, maior contato com as empresas, o

desenvolvimento da autonomia dos alunos por meio da flexibilização curricular e do aumento de disciplinas optativas, e a imersão em um novo paradigma universitário. Assim, ele apresenta um novo desenho para a universidade, com o ensino marcado pela interação com o 2º grau e com o mercado de trabalho; a pesquisa básica estreitando sua relação com a comunidade científica; e a pesquisa aplicada sendo desenvolvida em conjunto com as empresas, por meio de projetos de capacitação tecnológica, patentes e licenças, criando novas empresas por meio de incubadoras ou buscando soluções para problemas sociais em programas governamentais (p. 102). O autor também descreve três abordagens diferentes para a incorporação do ensino com base na prática de projetos: a inclusão de disciplinas de projeto em currículos tradicionais, que pode motivar os estudantes e diminuir a evasão, mas também exaurirlos se a organização curricular não for adaptada; os currículos construídos em torno de projetos, como nas escolas de arquitetura e urbanismo em geral, nos quais as disciplinas de conteúdos básicos servem para alimentar as disciplinas práticas; ou cursos estruturados inteiramente a partir de projetos como na Escola de Eletrônica e Tecnologia Informática da Universidade de Aalborg, na Dinamarca, em que um ensino técnico e especializado é ministrado essencialmente por projetos anuais, cujos requisitos teóricos são transmitidos nos primeiros meses em disciplinas básicas compulsórias, o que requer um grande esforço de organização do tempo por parte dos professores, que acompanham as atividades enquanto “coordenadores de projeto”.

Também é digna de nota a iniciativa CDIO, capitaneada pela Chalmers University de Göteborg, o Royal Institute of Technology de Estocolmo, a Linköping University de Linköping e o MIT, e que hoje abrange mais de 20 universidades mundo afora. A sua proposta é de reformar o ensino de engenharia com base em três objetivos:

1. Dominar um conhecimento mais profundo e funcional dos fundamentos técnicos
2. Liderar a criação e operação de novos produtos, processos e sistemas
3. Compreender a importância e impacto estratégico da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico na sociedade (CRAWLEY *et al.*, 2007, p. 20).

Para tanto, seria preciso reformular os currículos integrando esses diferentes aprendizados, com base em experiências de Design-Implementação em ambientes de trabalho adaptados. Isso deve ser acompanhado de uma renovação do binômio de ensino-aprendizagem, por meio do treinamento dos professores e da incorporação de métodos de aprendizagem ativa. Os autores fornecem ainda um modelo do processo de implementação e um currículo bastante extenso e detalhado composto de quatro

partes: conhecimento e raciocínio técnico; atributos e habilidades pessoais e profissionais; habilidades interpessoais, isto é, trabalho em equipe e comunicação; e conceber, projetar, implementar e operar sistemas no contexto empresarial e social.

Outra proposta de reformulação surgiu quando, no início dos anos 2000, a organização não-governamental francesa *Ingénieurs Sans Frontières*– ISF (Engenheiros Sem Fronteiras)⁷ decidiu pautar a consciência ética das implicações da prática da engenharia. Mais voltada para a responsabilidade dos engenheiros para com o desenvolvimento humano e social, cunhou o termo “engenheiro cidadão” e passou a divulgá-lo por meio de seminários, artigos, *workshops* e um manifesto intitulado *Iniciativa pela responsabilidade dos profissionais e gestores – IRESCA* (PAYE, 2010, p. 25). Em 2009, foi lançado o projeto *Former l’ingénieur citoyen* (Formar o engenheiro cidadão) que utilizou uma pesquisa-ação com o objetivo de “estimular uma evolução progressiva das formações de engenheiros para uma melhor consideração das questões sociais contemporâneas” (ISF, 2009, “Le projet FormIC”). O projeto foi conduzido por um doutorando que acompanhou a atuação dos grupos do ISF nas escolas de engenharia para auxiliar na evolução de suas formações, com base em estudo histórico dos cursos franceses e belgas. Foram realizados diversos seminários, conferências e um colóquio internacional para estimular a discussão e difusão do tema. Em 2010, o ISF publicou um documento intitulado *Transformons nos formations* (Transformemos nossa formação), por meio do qual divulga, aos seus membros e aos estudantes de engenharia em geral, relatos de experiências pedagógicas, de entrevistas com professores e de projetos para a incorporação de temas ligados ao desenvolvimento sustentável e à “frugalidade energética” (ISF, 2010). Os grupos do ISF de cada escola são convidados a debater e promover junto aos professores e seus colegas a difusão dos conceitos de eco-concepção, energias renováveis, responsabilidade cidadã do engenheiro, empreendimento local solidário, desaparecimento das matérias-primas, ética, pensamento global, entre outros. As respectivas boas práticas pedagógicas também são indicadas de maneira a tornar operacional a proposta.

⁷ Segundo o site da ONG francesa *Ingénieurs Sans Frontières*, a associação foi criada em 1982 e foi a primeira iniciativa de solidariedade internacional de engenharia da França (ISF, s/d, “Notre histoire”) e a primeira no mundo a portar esse nome. Muitas outras surgiram ao redor do mundo desde então. É um organismo que depende essencialmente da atuação de estudantes voluntários, cuja origem se deu na tradicional *Ecole Nationale des Ponts et Chaussées*, mais antiga escola de engenharia da França, e atua em projetos no mundo todo. No Brasil, a ONG Engenheiros Sem Fronteiras foi criada em 2008 e está sediada na Universidade Federal de Viçosa, em Minas Gerais.

3 POR UMA RENOVAÇÃO DA FORMAÇÃO EM ENGENHARIA

Ingenium é a faculdade que conecta coisas díspares e diversas.

Giambattista Vico, *De antiquissima italorum sapientia*.

Em um estudo anterior (DWEK, 2008), foram classificadas e analisadas as disciplinas do curso de Engenharia de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI/USP), baseado em metodologia proposta por Fraga (2007), que apontaram para alguns traços característicos das formações em engenharia de dois cursos distintos da USP e da UNICAMP. Dentre as conclusões tiradas, verificou-se que os cursos eram tecnicistas, fechados e separavam nitidamente a teoria da prática. Com base em um referencial CTS, foi criticado que os currículos indicavam a presença das sete visões distorcidas da tecnociência sugeridas por Gordillo e Galbarte (2002)⁸, bem como as cinco dicotomias levantadas por Gordillo *et al.* (2000).

No entanto, a análise do currículo explícito do curso de Engenharia de Materiais da POLI/USP realizada em 2008, por mais que tenha revelado algumas características marcantes do ensino de engenharia em uma das mais tradicionais escolas do país, não levou em consideração fatores como o aproveitamento do curso pelos estudantes e para as diferentes atuações possíveis de um engenheiro, e nem a importância do papel desempenhado pelos docentes na aplicação e formulação das ementas.

Nesse capítulo é apresentada a pesquisa realizada para analisar as formações em engenharia no Brasil. A sequência de ações contou com a revisão de literatura sobre ensino de engenharia, que em seguida foi objeto de um grupo de discussão no quadro de uma disciplina optativa do Programa de Engenharia de Produção da Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia da UFRJ (COPPE/UFRJ). Também foram enviados questionários a egressos do PMT/POLI/USP e realizadas entrevistas com professores de engenharia do Centro de Tecnologia da UFRJ. Os resultados das diferentes etapas de pesquisa e sua evolução são descritos de forma a complementar as considerações prévias sobre o currículo explícito das escolas, seus aspectos pedagógicos e as novas perspectivas que se abrem.

⁸ Gordillo e Galbarte (2002) identificaram sete visões distorcidas verificadas tanto nos discursos sobre a tecnociência como na educação científica e tecnológica: “a tecnologia é a ciência é a ciência aplicada aos processos produtivos”, os produtos tecnológicos são artefatos materiais”, “a tecnologia é universal e não necessita de contextualização social”, “a evolução dos artefatos tecnológicos é guiada pela otimização funcional, ou seja, pela eficácia e pela eficiência”, “os artefatos tecnológicos são fruto da invenção genial de autores individuais”, “a atividade tecnológica é neutra, está à margem de controvérsias valorativas”, “as novas tecnologias não são realmente tecnologias”.

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Revisão bibliográfica

A primeira parte da pesquisa foi realizada de forma exploratória, para levantar uma bibliografia substantiva nas áreas de:

- Epistemologia
- Relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)
- Ensino de Engenharia
- Ética
- Ciências da Educação

Foram realizadas buscas sobre esses temas na base de periódicos da CAPES, assim como no Banco de Teses e Dissertações da UFRJ, com as palavras-chave “ensino de engenharia”, “educação em engenharia”, “*engineering education*”, “*science education*”, “*science studies*” e “CTS”. Os periódicos compulsados foram:

- *Investigações em Ensino de Ciências*
- *Cultural Studies of Science Education*
- *Journal of Science Education and Technology*
- *Technology and Society*
- *European Journal of Engineering Education*
- *Engineering Studies*
- *Journal of Engineering Education*
- *Science and Engineering Ethics*
- *Revista de Ensino de Engenharia*
- *Revista Iberoamericana de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Inovação*
- *Revista Iberoamericana de Educação*
- *Revista Alexandria*

- *Ciência & Educação*
- *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*
- *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*
- *Convergencia*

No tocante à formação em engenharia, os anais dos COBENGE e dos EEE também foram percorridos. Além disso, graças ao contato estabelecido com pesquisadores franceses na área de formação em engenharia, foram analisadas pesquisas sobre o currículo de escolas de engenharia na França, que serviram de base para os questionários e entrevistas realizados posteriormente.

A bibliografia levantada, devidamente fichada, serviu de base para as etapas seguintes da pesquisa. Foi uma formação complementar à bagagem adquirida anteriormente, essencialmente técnica. Um complemento necessário para poder refletir sobre questões interdisciplinares e do campo das ciências da educação.

3.1.2 Experimento pedagógico

Embora certamente vistos com bons olhos e pontuados na avaliação, nenhum conhecimento de pedagogia ou experiências docentes prévias são exigidos nos exames dos concursos públicos para professores de engenharia. Essa disparatada ausência de requisitos pedagógicos, a carência de reflexão sobre questões ligadas ao ensino de engenharia no Programa de Engenharia Produção (PEP) da COPPE/UFRJ, motivou a organização, juntamente com o professor Michel Thiollent e a doutoranda Ana Carolina de Gouvêa Dantas Motta, de uma série de doze encontros para o estudo e discussão de assuntos ligados ao tema, reunidos em uma disciplina optativa chamada “Seminários de docência”. Valendo dois créditos para os alunos do PEP – que abrange tanto mestrado quanto doutorado –, durante um trimestre, de Setembro a Dezembro de 2010, essa disciplina estimulou o contato com a prática docente, por meio de simulações de aula e do planejamento de uma disciplina de engenharia. Foi uma oportunidade de observar como o público de uma pós-graduação em engenharia, candidatos potenciais ao exercício docente, reagiriam a conteúdos pouco usuais na tradição do ensino de engenharia.

A experiência teve o caráter de teste de uma possível hipótese, não explicitada aos alunos, e por diversas vezes refutada: o ensino conteudista é a única forma de transmitir sólidos conhecimentos científicos aos futuros engenheiros? Outra hipótese

subordinada a essa e igualmente rejeitada foi: sólidos conhecimentos científicos são as únicas qualificações necessárias para um bom engenheiro? Além disso, o experimento serviu para observar as respostas dos pós-graduandos aos temas da pesquisa e levantar elementos para as etapas seguintes.

Os objetivos que nortearam a preparação da disciplina foram:

- plantar a dúvida quanto à neutralidade do desenvolvimento científico e tecnológico;
- apresentar maneiras radicalmente distintas de conceber o processo educativo e transmitir conhecimento;
- promover o contato com a prática docente e com ferramentas virtuais de apoio ao ensino⁹;
- demonstrar que estas preocupações pedagógicas têm lugar nas escolas de engenharia.

Para alcançar os objetivos propostos, operou-se uma busca simultânea por temas geradores de discussões e textos que fomentassem debates sobre esses assuntos. Assim, esse experimento pedagógico serviu como grupo de discussão de diversas questões ligadas ao ensino de engenharia, de laboratório para aplicação e avaliação de métodos alternativos de aprendizagem, e contou com a intervenção de professores de engenharia para debater temas atuais ligados à formação dos engenheiros, enriquecendo as reflexões que embasam este projeto de pesquisa. A ementa da disciplina encontra-se no Anexo A.

⁹Foi testado na disciplina o uso de uma plataforma virtual do tipo *moodle*. *Moodle* é o acrônimo de “*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*”, um software livre de apoio à aprendizagem. O programa é extremamente versátil e permite a criação de cursos *on-line*, páginas de disciplina, grupos de trabalho ou comunidades de aprendizagem. Sua utilização é voltada para cursos de ensino à distância, *e-learning* (ensino eletrônico) ou *b-learning* (ensino misto). Os desenvolvedores do *software* indicam ter tomado a pedagogia sócio-construtivista como referência na criação da ferramenta *moodle*, isto é: “todos somos professores potenciais assim como educandos – em um ambiente realmente colaborativo somos ambos; aprendemos especialmente bem quando criamos ou expressamos algo para os outros verem; aprendemos muito apenas observando a atividade de nossos pares; compreendendo o contexto de outros podemos ensinar de maneira mais transformadora; um ambiente de aprendizado deve ser flexível e adaptável, para responder rapidamente às necessidades de seus participantes” (MOODLE, s/d, “Pedagogy”).

3.1.3 Questionários

No intuito de embasar as contribuições almejadas nessa pesquisa, a análise do currículo do PMT/POLI/USP realizada anteriormente (DWEK, 2008), foi aprofundada a partir das observações feitas por seus egressos. Para tanto, com a colaboração do aluno de graduação do curso de Engenharia Metalúrgica, Fernando Santos da Cunha, e inspirado pela pesquisa realizada pelos professores do curso de Engenharia Química da POLI/USP (ANTUNHA *et al.*, 2010), foi proposto um questionário que abordasse as percepções dos egressos sobre o curso em que se formaram, com base na sua experiência profissional. O questionário foi elaborado para verificar o perfil tanto acadêmico como profissional dos egressos e o aproveitamento que tiveram do curso em vista do exercício de sua profissão. Com isso, obtiveram-se dados críticos da formação que lhes foi fornecida, abarcando também fatores normalmente ocultos na avaliação das formações em engenharia.

Foram repertoriados todos os egressos dos cursos de Engenharia Metalúrgica e de Materiais e seus contatos foram obtidos através das redes sociais e por meio de seus colegas de turma já encontrados. O questionário foi em seguida enviado utilizando a ferramenta *GooglePolls* e pode ser lido no Anexo B. Aguardou-se dois meses pelas respostas dos alunos que, após esse período se estabilizaram. Optou-se por não realizar outra chamada por respostas e iniciar imediatamente o tratamento dos dados, de maneira a não estender demais o período de coleta.

Os resultados apresentados nesse estudo foram obtidos por uma análise quali-quantitativa dos dados da pesquisa. As informações primárias das respostas foram plotadas em gráficos circulares e histogramas, buscando extrair elementos relevantes para a análise. Dessa primeira leva de dados foram analisados dados secundários a partir de interpretações qualitativas das informações coletadas e de correlações entre os resultados primários. As conclusões assim tiradas são apontamentos e ajustes que podem ser feitos a partir das observações oriundas da experiência efetiva dos egressos do curso.

Atualmente, essa iniciativa de pesquisa foi abraçada pela coordenação do PMT/POLI/USP e seus resultados podem trazer elementos para a reformulação do curso que está sendo discutida, em vista da nova estrutura curricular a ser implantada em breve na POLI/USP.

3.1.4 Entrevistas

Para completar as informações coletadas sob o ponto de vista discente também foram realizadas entrevistas com professores de engenharia, visando capturar o olhar docente sobre as evoluções no perfil do engenheiro formado e o estado da arte em matéria de ensino de engenharia. Os primeiros entrevistados foram professores e pesquisadores franceses que abordam a temática do ensino não-técnico em engenharia, como forma de testar e aperfeiçoar o roteiro, e para angariar elementos adicionais para a pesquisa, por meio da comparação entre os modelos de ensino francês e brasileiro. Nessa fase de teste foram realizadas 12 entrevistas preliminares, em caráter exploratório. A lista de pesquisadores franceses entrevistados encontra-se no Apêndice A.

A partir das informações obtidas nessa primeira rodada de entrevistas e do cotejamento entre a realidade francesa e brasileira, um novo roteiro foi consolidado, apresentado no quadro abaixo:

Quadro 3: Roteiro utilizado nas entrevistas com os professores do Centro de Tecnologia da UFRJ.

1. Informações profissionais	1.1 Como se tornou professor de engenharia? 1.2 Desenvolve alguma atividade de pesquisa/extensão? Recebe algum financiamento? 1.3 Participa de alguma atividade de ensino <i>lato sensu</i> ?
2. Perfil dos alunos e papel do engenheiro	2.1 Como descreveria a evolução recente do perfil dos alunos ao ingressarem? E ao egressarem? Alguma mudança ou tendência notável? 2.2 Idealmente, qual o papel do engenheiro na sociedade? 2.3 Há espaço para uma formação humana e social para prepará-lo a desempenhar esse papel? Qual? 2.4 Quais as competências desenvolvidas pela sua escola? 2.5 Quais competências deveriam ser desenvolvidas?
3. Ensino	3.1 Que práticas pedagógicas inovadoras você tem observado? 3.2 Que práticas poderiam ser evitadas? 3.3 Como vê a relação entre formação científica e formação geral? 3.4 E entre formação científica geral e formação técnica específica? 3.5 Pensa ser possível/desejável associar aprendizado teórico e prática? Como? Com que atividades?

Foram retiradas questões redundantes, dispensáveis para os objetivos da pesquisa ou não aplicáveis ao contexto das universidades brasileiras. As entrevistas foram gravadas e anotadas *in loco* e posteriormente transcritas e tabuladas. As respostas

foram analisadas qualitativamente, em busca de subsídios para as propostas de renovação dos currículos.

As perguntas da parte 1 consistiam na coleta de informações sobre os professores, seu histórico acadêmico e profissional e atuais temas de pesquisa e extensão. Suas respostas, embora ricas e diversas, não contribuíram diretamente para a análise proposta. As perguntas 2.1 (“Quais as tendências notáveis na evolução recente do perfil dos alunos ao ingressarem?”) e 2.2 (“E ao egressarem?”) permitiram avaliar, em linhas gerais, as características que compõem o alunado dos cursos de engenharia. As respostas à pergunta 2.3 (“Idealmente, qual o papel do engenheiro na sociedade?”) serviram para obter um panorama amplo da visão do papel do engenheiro na sociedade, que corresponde teoricamente ao que almeja atingir a formação em engenharia. Os professores expuseram assim os objetivos idealmente pretendidos por eles no seu exercício docente e que gostariam de ver realizados pela sua instituição, bem como o seu posicionamento no tocante às tensões entre engenharia e sociedade previamente expostas.

As demais questões – 2.4, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 e 3.7 – tratam de tópicos ligados à formação em engenharia propriamente dita. As respostas à questão 3.1 (“Quais as competências desenvolvidas pela sua escola?”) traçam um perfil do estado atual do ensino de engenharia, enquanto a questão 3.2 (“Quais competências deveriam ser desenvolvidas?”) procura saber quais são as suas lacunas. A questão 3.3 (“Que práticas pedagógicas inovadoras você tem observado?”) traz à tona os instrumentos pedagógicos de que dispõem os professores de engenharia e a questão 3.4 (“Que práticas poderiam ser evitadas?”) indaga sobre possíveis entraves para o exercício docente. Verificou-se que essas quatro categorias de análise – estado atual da formação, lacunas, instrumentos e entraves – também foram abordadas nas respostas às questões 2.4, 3.5, 3.6 e 3.7, que tratam de elementos mais específicos da formação em engenharia. Ou seja, houve um cruzamento dos dados das respostas às perguntas 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4 com os temas da formação humana e social do engenheiro (questão 2.4), da relação entre formação científica e formação geral¹⁰ (questão 3.5), entre formação científica geral e formação técnica aplicada (questão 3.6), e entre aprendizado teórico e prática (questão 3.7). Dessa forma, a síntese dos depoimentos fornecidos para essas questões foi realizada graças a uma grade que reuniu os

¹⁰ Formação geral refere-se ao que Lemaître (2003) chama de formação “humana” e que Derouet e Paye (2010) denominam de formação “não técnica”, ou seja, os complementos à formação técnica classicamente prevista nos cursos de engenharia.

elementos de resposta para cada uma das categorias de análise, de acordo com o aspecto da formação que havia sido abordado. As respostas foram então organizadas conforme apresenta o quadro abaixo:

Quadro 4: Distribuição das questões dentro da grade analítica.

	A formação como um todo	A formação humana e social correspondente	A relação entre formação científica e formação geral	A relação entre formação científica geral e formação técnica aplicada	A relação entre aprendizado teórico e prática
Estado atual	3.1	2.4 / 3.1	3.1 / 3.5	3.1 / 3.6	3.1 / 3.7
Lacunas	3.2	2.4 / 3.2	3.2 / 3.5	3.2 / 3.6	3.2 / 3.7
Instrumentos	3.3	2.4 / 3.3	3.3 / 3.5	3.3 / 3.6	3.3 / 3.7
Entraves	3.4	2.4 / 3.4	3.4 / 3.5	3.4 / 3.6	3.4 / 3.7

Foram entrevistados antigos reitores de universidade, diretores da Escola Politécnica, diretores de graduação, coordenadores de curso, chefes de departamento, coordenadores de ensino e de extensão e membros do conselho universitário. A lista dos professores entrevistados com seus currículos resumidos pode ser encontrada no Apêndice B.

Os professores são aqui considerados como fontes autorizadas, cuja experiência profissional, docente e administrativa, ligada ao aprimoramento do ensino de engenharia, lhes confere uma visão privilegiada do assunto. A análise de suas entrevistas é o resultado de uma síntese dos relatos fornecidos, que compila em quadros os diferentes pontos salientados por eles. Os quadros são acrescidos de comentários retirados das entrevistas.

3.2 SÍNTESE DOS RESULTADOS

Os resultados aqui apresentados são construídos a partir dos discursos dos participantes da disciplina ofertada no PEP, das respostas dos egressos do PMT/POLI/USP ao questionário, e dos depoimentos dos professores do Centro de Tecnologia da UFRJ. O texto foi redigido de maneira a representar a diversidade de opiniões que foram emitidas e trazer à tona os elementos mais marcantes e notáveis do conjunto de informações obtido. Embora o pesquisador tenha se preocupado em

manter uma rigorosidade objetiva diante desses dados, a sua articulação é voltada a levantar alguns temas prementes que serão aprofundados no capítulo 4.

3.2.1 A experiência da disciplina de “Seminários de docência” realizada no Programa de Engenharia de Produção da COPPE/UFRJ

Esse experimento pedagógico permitiu duas avaliações distintas: a dos alunos da disciplina, estudantes de mestrado e doutorado em engenharia de produção, potenciais professores de engenharia, de perfis e formações diversos, cujas inquietações sobre a prática docente seriam postas à prova pela bibliografia heterodoxa; e a avaliação do grupo docente, composto pelo professor Michel Thiollent, no papel de observador e comentador das discussões, e pelos dois monitores da disciplina, que estavam testando uma proposta pedagógica pouco usual e o seu traquejo na condução desses encontros.

No que diz respeito à avaliação discente, os resultados foram ricos apesar de a turma ter sido pequena: por ter sido oferecida como optativa pela primeira vez e por falta de uma divulgação maior dentro do Programa, a disciplina não contou com mais do que sete alunos, sendo seis regularmente inscritos e um ouvinte. Todos demonstraram um interesse genuíno pelos assuntos tratados e as discussões se estenderam muitas vezes por mais de uma hora além do tempo da aula. Paradoxalmente, houve muitas ausências, justificadas na maior parte dos casos, e atrasos.

A negociação inicial da avaliação da disciplina e a subsequente flexibilização da ementa para aliviar a carga de trabalho para cada aula não foram garantia de cumprimento das tarefas de leitura necessárias para fomentar as discussões. No entanto, como todos os alunos entregaram os planos de curso e os artigos – isto é, as devolutivas obrigatórias escritas – ficou claro que, apesar da tentativa de aumentar a autonomia dos educandos, ainda persistiu a tendência que valoriza mais a avaliação pontual em detrimento do acompanhamento contínuo da matéria. A troca dos seminários de leitura pela redação de um artigo pareceu resultar em uma carga de trabalho menos constante e contínua, concentrada na entrega das devolutivas. Contudo, ao escreverem seus artigos, os alunos sintetizaram diversos elementos que retiveram ao longo da disciplina, compondo um documento de valor acadêmico para seus currículos, mas também de registro de suas experiências.

Como esperado, as simulações ganharam qualidade e criatividade ao longo do curso, com propostas de aulas cada vez mais estruturadas e precisas, claramente apontando para uma aquisição de técnicas e linguagens pedagógicas, graças ao sistema de

discussão conjunta. Dessa forma, foram observadas as vantagens e limites de uma aula focada na transmissão de conteúdo, analisados os meios para associar ensino científico e suas implicações sociais, e apreciadas as possibilidades abertas pelo uso de vídeos e apresentações virtuais elaboradas.

Alguns alunos que não haviam graduação em engenharia salientaram que tiveram dificuldade para preparar uma aula nesse campo, mesmo com a indicação de que poderiam propor uma aula de uma disciplina fictícia que relacionasse a sua formação original com a engenharia. Assim, verificou-se que a formação em engenharia não é apenas um domínio que parece fechado para aqueles que o vivenciam “de dentro”, submetidos a currículos tecnicistas, mas também para quem o observa “de fora” e resente os efeitos da compartimentalização e especialização excessiva do saber técnico.

Do ponto de vista docente, frente a sessões de discussão dirigidas, os monitores por vezes foram reféns da sua própria não-diretividade, pois não tinham domínio ou experiência suficiente nos assuntos debatidos para orientar as sessões e apontar claramente as conclusões a serem tiradas. Foi possível contornar situações em que os alunos não haviam realizado as leituras graças a “ases na manga” como vídeos ou textos complementares.

Ficou claro que, sobretudo quando poucos da turma haviam preparado a aula, para fomentar boas discussões e garantir que os pontos nevrálgicos dos assuntos fossem abordados, era bastante útil referir-se a um roteiro para condução dos debates, previamente elaborado. Isso, contudo, não foi feito para todas as sessões. No entanto, um roteiro de perguntas, elaborado após a primeira simulação de aula, foi transmitido aos alunos para estruturar a preparação dessa tarefa.

No que se refere à plataforma virtual *moodle*, ainda há muito que aprender. O corpo docente encontrou dificuldades inicialmente em estimular a comunicação fora do horário de aula, sobretudo pela falta de traquejo no uso da ferramenta. Além disso, a oficina para aprendizado do *moodle* acabou não sendo uma aula prática e sim uma exposição de suas funcionalidades. Dessa forma, os alunos só tiveram o contato ativo com a plataforma como usuários e não como administradores. Por mais que tenha transmitido a utilidade de poder contar com o *moodle* para organizar um curso, a disciplina não proporcionou aos alunos a experiência de criarem eles mesmos a página de uma disciplina, único meio que realmente estimule o seu uso.

A tentativa de encontrar um compromisso entre os “mínimos curriculares”, planejados no início, e uma carga de leituras condizente com a disponibilidade dos alunos, mostrou que é muito difícil encontrar um contrato entre corpo docente e discente que seja totalmente cumprido, sem recorrer a critérios de avaliação. A questão da avaliação ainda está no cerne do processo e das preocupações dos alunos, mesmo daqueles que reconhecem que essa situação deva mudar. A aposta na negociação do processo educativo da disciplina foi uma fonte de dificuldades para os organizadores ao mesmo tempo em que não foi sentida como uma fonte de tranquilidade pelos alunos. Mas não são essas as dificuldades da liberdade na educação: um maior esforço por parte do corpo docente, levado a dividir com os alunos a condução de seu aprendizado, e uma maior responsabilização dos alunos, confrontados com a necessidade de serem protagonistas de sua evolução?

Em conclusão, apesar do quórum reduzido, o retorno geral foi positivo, com o reconhecimento, por parte dos alunos, da importância de uma disciplina de preparação à prática docente nas escolas de engenharia. A experiência trouxe à tona a necessidade e o interesse que existem por temas críticos da educação científica e tecnológica. Surgiram, ao longo das discussões e simulações, propostas de práticas pedagógicas bastante ricas, com reflexões inclusive para o aprimoramento da própria disciplina, o que pode ser considerado como o início de um ciclo de ensino-aprendizagem experimental com o objetivo de desenvolver uma pesquisa sobre o ensino de engenharia. Além disso, foi comentado ao longo do período que outros alunos, ao ficarem sabendo da proposta da disciplina, demonstraram interesse em cursá-la caso fosse oferecida novamente, indicando que há uma demanda por esse tipo de formação. Ademais, como toda experiência pedagógica, é importante analisá-la em vista de seu aperfeiçoamento constante. Deve-se portanto ressaltar os questionamentos levantados e imaginar como seria a próxima, visando o aprofundamento e a ampliação das discussões sobre didática no ensino de engenharia.

É indispensável que, nesse tipo de disciplina com uma forte flexibilidade, roteiros sejam preparados para conduzir os debates com pontos claros a serem percorridos. No que diz respeito à duração dos encontros, as discussões na maioria das vezes ultrapassaram o tempo de aula, faria sentido então aumentar os créditos da próxima vez para três horas-aula por semana. Quanto à carga de trabalho, pareceu que os esforços dos alunos ficaram mais concentrados nas tarefas, ou seja, na avaliação, do que na preparação para as discussões com a leitura dos textos-base. A proposta de

seminários, descartada na negociação inicial, com textos curtos distribuídos entre os alunos para perenizar as leituras ao longo do curso talvez devesse ser retomada.

O registro deixado no *moodle* permitirá que alunos retornem aos documentos estudados conforme sentirem necessidade, complementando o aprendizado que tiveram durante o curso. A ferramenta foi vista como um poderoso suporte para o ensino, embora subaproveitado. A experiência contribuiu para a divulgação da sua utilidade, mas enquanto os alunos puderam conhecer seus meandros durante a aula expositiva, apenas o corpo docente pôde realmente experimentar o processo, às vezes frustrante, de aquisição da linguagem informática necessária para seu uso. Nada substitui a prática nesse quesito. Para tanto, seria interessante que os alunos entregassem seu plano de curso no formato de uma página do *moodle*.

Ao final dessa experiência foi evidenciado que a docência é uma atividade que se aprende pela prática e sua reflexão. Para formar professores de engenharia que sejam capazes de transmitir seus conhecimentos, é preciso estimular o contato com as diferentes vertentes do ensino, reaplicando experiências como a dessa disciplina. É preciso disputar, dentro das escolas de engenharia, um espaço para a formação e aperfeiçoamento de seus professores, valorizando o treinamento para esse ofício, tão subestimado quanto essencial.

3.2.2 A formação em engenharia vista pelos egressos do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade de São Paulo

Dos 450 egressos que colaram grau desde 1990 no PMT/POLI/USP, só foram obtidos os contatos atuais de 218, aos quais foram enviados os questionários uma vez, sem reenvio, em Agosto de 2011. Até Dezembro do mesmo ano, foram recebidas 55 respostas, o que representa 25,2% de retorno dos questionários enviados.

A grande maioria dos egressos vive e trabalha em São Paulo (82%) mas houve respostas de engenheiros que atuam em seis outros estados do Brasil (DF, ES, MA, MG, MS, RJ) e também no exterior (5%), conforme ilustrado na figura abaixo:

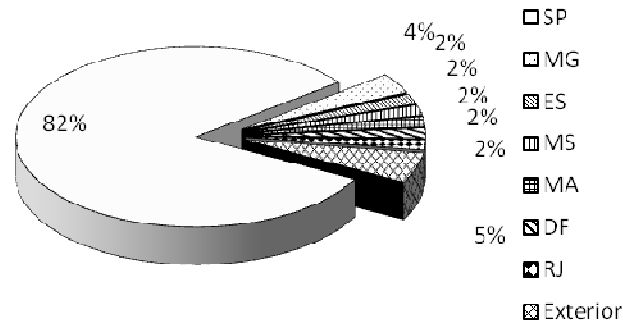


Figura 4: Distribuição geográfica dos egressos.

21 respostas (38%) vieram de egressos do curso de Engenharia Metalúrgica e 34 (62%) do curso de Engenharia de Materiais. A média de tempo para conclusão do curso no departamento foi de 5,75 anos para a amostra de respostas, cuja distribuição é dada pela figura abaixo:

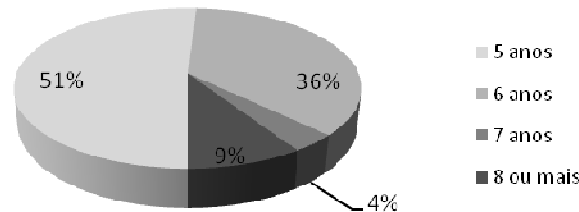


Figura 5: Distribuição do tempo de formação.

Esse resultado está abaixo da média nacional que encontra-se entre 6 anos e 6 anos e meio (OLIVEIRA *et al.*, 2011). Mais de 87% completaram em até seis anos e quase 10% em 8 anos ou mais.

Quanto à remuneração, observa-se um aumento gradual com o tempo de formado, verificado no gráfico abaixo:

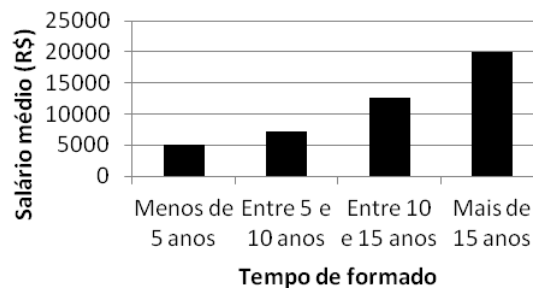


Gráfico 1: Salário médio vs. Tempo de formado.

A pergunta sobre o setor de atividade em que trabalham indica que quase 60% dos egressos trabalham na indústria, seguidos pelo setor de consultoria (15%), academia (11%), serviços (7%) e mercado financeiro (5%), como mostra o gráfico a seguir:

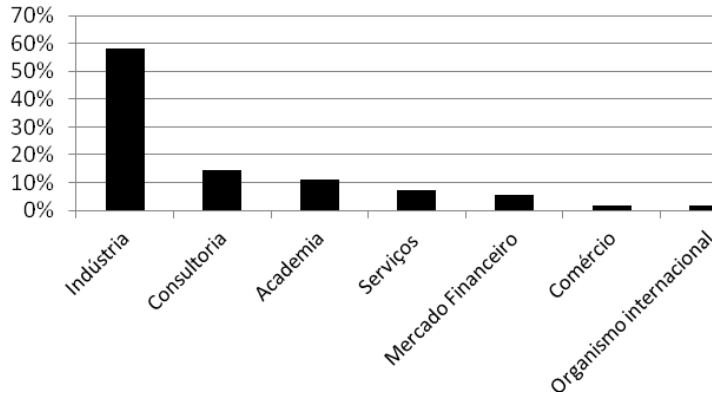


Gráfico 2: Distribuição dos egressos por setor de atividade.

Foram considerados “consultores” todos aqueles que se definiram como tal, mesmo se prestassem consultoria para algum dos outros setores de atividade.

No tocante à área de atuação, marketing (2%) e ensino (5%), foram as alternativas menos assinaladas. Dentre as respostas, foram agrupadas em “gestão” os termos “gestão”, “administração” e “estratégia”, indicados pelos egressos. As cinco áreas mais observadas – pesquisa e desenvolvimento, processos e produção, projetos, gestão, e comercial – foram todas assinaladas por 15 a 20% dos respondentes, conforme o gráfico abaixo:

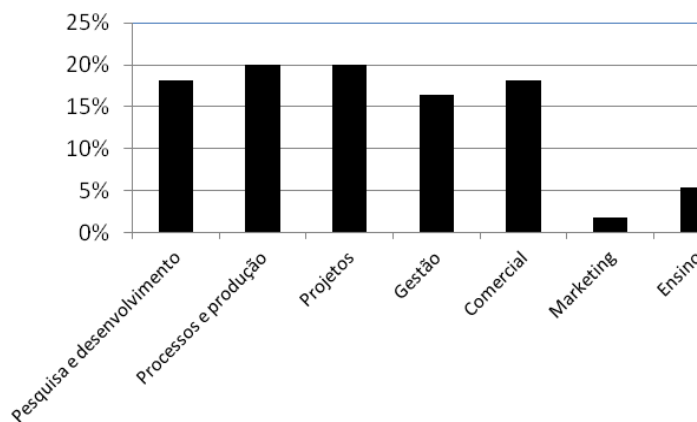


Gráfico 3: Distribuição dos egressos por área de atuação.

A distribuição equilibrada das respostas representa bem os diferentes perfis de atuação do engenheiro, embora a área “comercial” seja razoavelmente distante da vocação fundamental da formação em engenharia e, somada à área de “gestão”, responde por quase um terço (32%) da amostra.

Com base em sua experiência profissional, 44% dos egressos ressaltaram a importância principal dos conhecimentos lecionados nos últimos anos do curso. 22% evocaram os conhecimentos adquiridos em atividades extracurriculares como centros acadêmicos, grêmios, atlética, organização de eventos, empresa júnior etc. O ciclo básico foi indicado como primordial por 18% e os estágios por 13%, enquanto 4% optaram por “todas as anteriores”, conforme a figura abaixo.

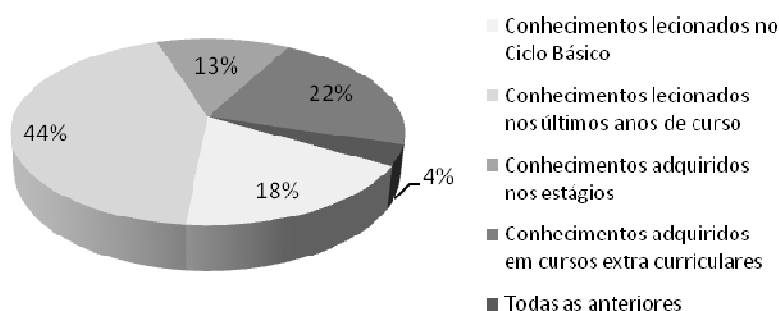


Figura 3: Conhecimentos mais importantes para a atuação profissional.

Ao ingressarem no mundo do trabalho, 47% dos respondentes observou lacunas na sua formação ligada ao mundo empresarial e de negócios, 25% sentiu falta de conhecimentos técnico-científicos, 13% de conhecimentos práticos, 5% de metodologia e apenas 2% indicou a necessidade de maiores conhecimentos gerais de ciências humanas, como visto na figura abaixo. 7% acredita que não tenha faltado nenhum conhecimento e que a formação forneceu todos os elementos necessários para o seu desempenho profissional. A ênfase nos conhecimentos do mundo empresarial em suas diversas acepções – gestão de pessoas, comunicação, elaboração de planos de negócios, administração – independe da área de atuação ou do setor da empresa na qual trabalham os engenheiros e reflete muito mais a situação atual do mundo do trabalho, que focaliza essas ferramentas e contrata muitos engenheiros para utilizá-las. A formação da POLI/USP foi taxada de “acadêmica” por alguns egressos que sentiram falta de mais conhecimentos práticos ou aplicações do seu saber da engenharia.

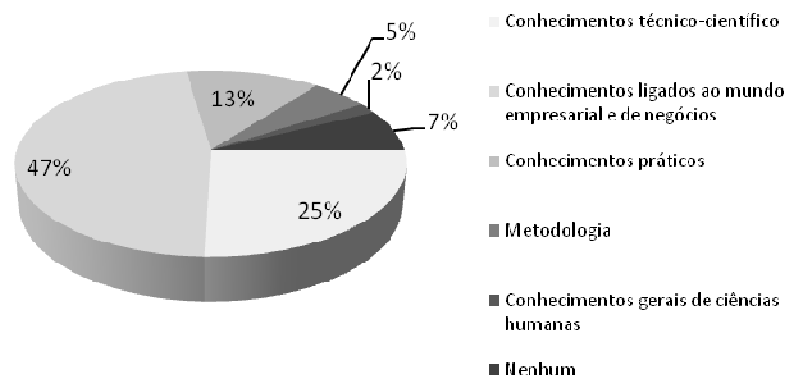


Figura 4: Lacunas ao ingressarem no mundo do trabalho.

Embora alguns tenham declarado que mudaram de área, a maioria (78%) afirmou que se pudesse refazer a decisão do curso de graduação, escolheria novamente o mesmo curso. É um grau de satisfação razoável, sobretudo se considerarmos as lacunas observadas por 93% dos respondentes em seu exercício profissional.

A participação dos egressos em atividades acadêmicas foi bastante expressiva, já que 96% afirmaram ter participado de ao menos uma atividade acadêmica em algum momento da formação. Destes, 62% fizeram iniciação científica, mostrando uma tendência de formação com perfil científico, voltado para a pesquisa. Ao mesmo tempo, apesar de muitos terem sentido falta de conhecimentos práticos ou ligados ao mundo empresarial e de negócios (somando 60%), apenas 3% participaram de empresa júnior. Atividades como centro acadêmico, grêmios políticos ou associações atléticas esportivas, que também permitem o contato com a responsabilização por tarefas administrativas e o desenvolvimento de habilidades de comunicação interpessoal, só foram frequentadas por 26%. A distribuição completa das atividades acadêmicas está exposta na figura a seguir:

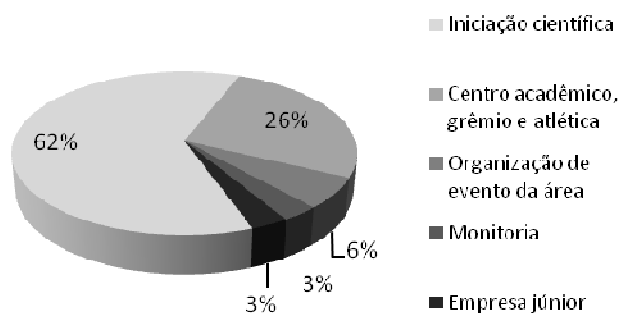


Figura 5: Distribuição do tipo de atividade acadêmica realizada.

Embora não haja nenhum requisito formal para obrigar os alunos a participar desse tipo de atividade, 52% dos egressos participou de duas, três ou quatro atividades acadêmicas, como mostra a figura abaixo. A alta participação dos alunos indica que essas práticas, extracurriculares por enquanto, são um terreno fértil para o desenvolvimento de habilidades adicionais ao curso. Devem então ser consideradas dentro da análise da formação em vista de seu aprimoramento. São atividades que deveriam ser estimuladas e, por que não, incorporadas dentro do currículo dos cursos, valendo créditos. Poderia ser arguido que a participação em atividades extra-classe seja um fator para a retenção dos alunos no curso mas não foram encontradas nos dados indicações para sustentar este tipo de análise. Pelo contrário: os alunos que participaram de mais atividades costumam se formar no tempo normal de cinco anos e o aluno que mais tempo levou para formar-se (10 anos) realizou apenas uma iniciação científica. No entanto, não é possível estabelecer uma correlação entre esses fatos.

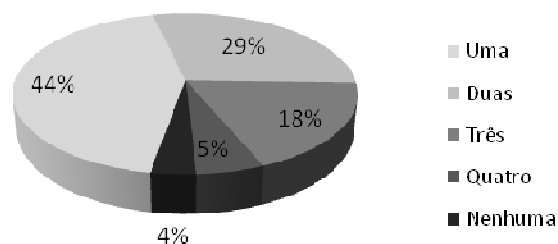


Figura 6: Quantidade de atividades acadêmicas.

No que diz respeito à necessidade de uma formação multicultural, apenas 7% dos egressos utilizam unicamente o português na sua atividade profissional, enquanto 45% falam dois idiomas e 40% fazem uso de um terceiro. A figura abaixo apresenta quantos idiomas são falados no cotidiano de trabalho dos egressos.

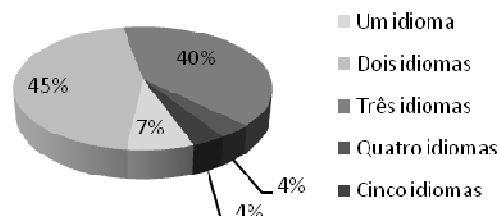


Figura 6: Quantos idiomas são falados no ambiente profissional.

A língua mais falada no ambiente profissional, além do português, é o inglês, assinalado por 91% dos respondentes, seguido pelo espanhol com pouco mais de um

terço da amostra. A distribuição completa dos idiomas é apresentada no gráfico a seguir:

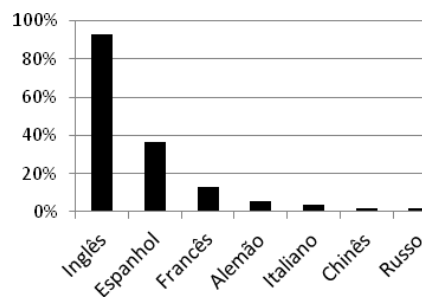


Gráfico 4: Idiomas estrangeiros falados no ambiente profissional.

Esses dados denotam a importância de uma formação multicultural para preparar os futuros engenheiros ao exercício profissional. Contudo, quais as oportunidades que as escolas de engenharia proporcionam aos seus alunos? Contrariamente aos cursos de outros países, o aprendizado de línguas estrangeiras não está nos currículos (e nem mesmo nas Diretrizes Curriculares Nacionais), cabendo aos alunos em formação buscar cursos, normalmente pagos, para completar a sua bagagem. Isso, além de transferir aos alunos o custo do aprendizado de um elemento indispensável para seu futuro profissional, ainda os obriga a aumentar sua carga de trabalho semanal para além de uma grade horária nitidamente sobrecarregada. Por outro lado, existem os intercâmbios internacionais que, desde o começo dos anos 2000 cresceram em número e atraem um contingente cada vez maior de alunos. No entanto, essas atividades ainda são limitadas pela mesma barreira linguística exposta acima e têm alcance restrito: dentro da amostra recolhida, apenas 16% dos alunos informou ter realizado algum tipo de intercâmbio.

Por fim, foi perguntado aos egressos, com base na sua experiência profissional e no aproveitamento que tiveram do curso, se acreditam que o curso deveria mudar para o modelo cooperativo¹¹, com os resultados seguintes:

11 No modelo cooperativo os estudantes intercalam quadrimestres acadêmicos com quadrimestres de estágio, após o ciclo básico. Com isso, o aluno sai da universidade com maior experiência de trabalho, porém algumas disciplinas acabam sendo compactadas para serem ministradas durante o quadrimestre. A POLI/USP possui dois cursos cooperativos que apresentam taxas de retenção e evasão menores que os demais cursos. Para mais informações sobre a estrutura dos cursos cooperativos da POLI/USP, referir-se aos trabalhos dos professores Matai e Matai (2001, 2005, 2006).

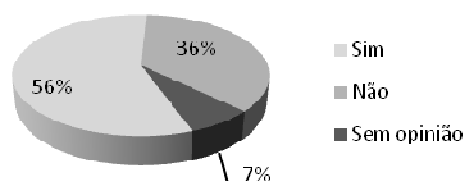


Figura 8: Acredita que o curso deveria mudar para o modelo cooperativo?

Assim, mais da metade dos egressos acharia benéfico para a formação que fosse adotado um modelo com maior espaço para o aprendizado prático, ancorado por experiências concretas da realidade do campo profissional, com carga de aula e teoria reduzidas.

Embora a amostra seja muito pequena para que uma análise quantitativa seja conclusiva, foram observadas certas tendências que poderiam ser verificadas e aprofundadas por estudos maiores e mais focados. Contudo, essas observações sobre o curso de engenharia metalúrgica e de materiais da POLI/USP, do ponto de vista de seus egressos, fornecem algumas indicações de pontos fortes retidos pelos estudantes, pontos fracos que geram lacunas para seu percurso profissional, bem como algumas práticas que enriquecem sua formação, fora da sala de aula. Esses elementos servirão de base para a análise dos cursos em engenharia em geral, realizada a partir dos testemunhos de docentes do Centro de Tecnologia da UFRJ.

3.2.3 Com a palavra, os docentes

3.2.3.1 O perfil dos alunos

Embora o perfil geral oscile e seja difícil – talvez impossível – de definir, algumas tendências têm sido observadas. A primeira delas, diz respeito ao aumento do contingente feminino nos cursos de engenharia, que acompanha uma mudança mais ampla da sociedade. Da mesma forma, há uma diminuição do caráter elitista da formação, possivelmente devido às políticas de democratização do acesso à universidade.

Globalmente, os professores entrevistados consideram que os alunos que entram para o curso de engenharia têm um bom nível. A dificuldade de acesso e o aumento da procura, especialmente nas universidades públicas, são apontados como explicações para esse senso comum. Assim, os calouros são vistos como bons alunos, com enorme potencial para a aquisição de novo conhecimento, interessados nas aplicações do que aprendem.

Ao mesmo tempo, a idade média, a maturidade, bagagem e habilidades técnicas diminuíram o que, comparado às décadas passadas, provoca uma queda na preparação para a engenharia de fato. Hoje, por exemplo, não são tantos os alunos oriundos do ensino técnico, maioria no passado. Além disso, a queda de qualidade do ensino médio no país é vista como fator extremamente prejudicial na preparação dos futuros engenheiros. O sistema escolar do ensino fundamental e médio deixa marcas profundas nos estudantes que vêm a universidade como uma continuação do ambiente ao qual estavam acostumados. Dessa forma, os ingressantes chegam formatados, com o raciocínio baseado em exercícios, já elaborado de maneira a desconectar ensino e aprendizado: não buscam aprender e sim fazer prova. Têm predisposição ao conhecimento técnico e rejeição ao não-técnico. Acostumados a realizar coisas pequenas, acabam travando mais adiante na parte profissional da prática do engenheiro (NASCIMENTO, 2011).

A motivação por trás da escolha pela engenharia também mudou. Há uma nítida correlação entre mercado e procura, com alunos fortemente preocupados com sua colocação profissional, orientados pelo pressentimento de uma melhor “empregabilidade”, influenciados pelo marketing das empresas na seleção de especialidades, podendo até ser cooptados a mudar de curso (VENDRAMINI, 2011). A importância dada ao mercado de trabalho explica também o foco colocado na gestão por ser o que buscam as empresas ou o que paga mais nas consultorias.

Ademais, esses jovens possuem novas habilidades ao ingressarem, em grande parte por terem crescido em meio à era digital. Por um lado, são capazes de trabalhar em diversas tarefas ao mesmo tempo (“*multi-tasking*”), com muitas telas paralelas no computador, têm mais conhecimentos gerais, e uma tendência a autodidaxia (MACULAN FILHO, 2011). Por outro lado, há muita procura por informação mas de maneira dispersa resultando em uma queda do estudo e aumento do plágio. Segundo Salgado (2011), os alunos são imediatistas e formam menos vínculos com a instituição: “a pesquisa para eles é feita à distância”.

Assim como o calouro, o formando é visto globalmente como bom aluno, com bagagem razoável, sempre focado no emprego futuro, no setor que lhe dará dinheiro, abrindo mão de sua área de formação ou de trabalhar propriamente como engenheiro. A procura, embora sazonal, se orienta pelo que faz sucesso: uma abertura maior à gestão, fechando o leque da engenharia.

Hoje, na expectativa de um bom salário e devido à alta demanda profissional, poucos ficam na área acadêmica, contrariamente às décadas passadas, quando muitos adiavam sua entrada no mercado de trabalho para fazer mestrado (MARTINS FILHO, 2011). Dessa forma, observa-se até uma pressa para se formarem e uma queda na evasão. Essa precipitação, verificada nos estágios realizados cada vez mais cedo, prejudica o compromisso com o curso.

Verifica-se também uma maior abertura para novas atualizações ou carreiras internacionais. Contudo, o contato com profissionais da engenharia faz falta aos egressos, que carecem de uma visão mais concreta do exercício da profissão.

O quadro abaixo sintetiza as respostas obtidas para as perguntas 2.1 e 2.2 sobre o perfil dos alunos ao ingressarem e egressarem:

Quadro 5: O perfil dos calouros e dos egressos.

	Calouro	Egresso
Visão geral	<p>Dificuldade de acesso e aumento da procura levam a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bom nível, • potencial para aquisição de conhecimento. <p>Interessados na aplicação do que aprendem;</p> <p>Formatados pelo ensino médio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • queda da qualidade técnica, • aprendizado baseado em exercícios e provas, • acostumados a realizar coisas pequenas. <p>Predisposição ao ensino técnico e rejeição ao não-técnico.</p>	<p>Bagagem razoável;</p> <p>Foco na gestão;</p> <p>Falta visão concreta da profissão.</p>
Tendências	<p>Aumento do contingente feminino;</p> <p>Diminuição do caráter elitista da formação;</p> <p>Correlação entre mercado e procura;</p> <p>Foco na gestão;</p> <p>Novas habilidades da era digital:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>multi-tasking</i>, • mais conhecimentos gerais, porém mais superficiais, • tendência à autodidaxia, • dispersão do estudo, • aumento do plágio, • menos vínculo com a instituição. 	<p>Procura por novas atualizações;</p> <p>Aumento da internacionalização;</p> <p>Alta demanda profissional:</p> <ul style="list-style-type: none"> • poucos ficam na área acadêmica, • pressa para concluir curso, • estágio cada vez mais cedo.

3.2.3.2 O papel do engenheiro na sociedade

As respostas à pergunta 2.3 (“Idealmente, qual o papel do engenheiro na sociedade?”), propositalmente aberta, apresentaram um retrato dos saberes, qualidades, atitudes e valores atribuídos ao engenheiro, bem como a expectativa social de seu trabalho. Do ponto de vista do saber formal, do engenheiro espera-se uma sólida bagagem nas disciplinas básicas de física e matemática. Ele deve aplicar esse conhecimento nos processos tecnológicos, “acertando cálculos” (VENDRAMINI, 2011): a ciência básica define o que é possível e o engenheiro executa (SALGADO, 2011). Ao mesmo tempo, é importante que esteja integrado com outras áreas pois “toda engenharia é multidisciplinar” (VENDRAMINI, 2011).

Ao engenheiro foram associados os verbos de “engenheirar”, “inventar” e “criar”. Com isso, o engenheiro não tem uma função intrínseca, que lhe seja específica (ALMENDRA, 2011). Normalmente, planeja, projeta, executa, mas isso não lhe é exclusivo. O engenheiro gosta de soluções, mas deve estar constantemente insatisfeito com as que encontra, buscando melhores maneiras de agir na resolução de problemas de processos naturais ou de organização urbana, levando em conta recursos materiais, demanda social, riscos e princípios éticos. Pode ser movido pela curiosidade humana e sonhar em produzir coisas novas, alternativas para projetar o futuro (BEVILACQUA, 2011).

É ele que interfere nas coisas reais, mexe no ambiente e a sociedade espera que altere o mundo (MARTINS FILHO, 2011). Idealmente, alavanca o avanço econômico e tecnológico, atuando no meio industrial ou empresarial. É visto como o profissional dos projetos e processos tecnológicos, em grande escala, peça fundamental para o desenvolvimento do país (SALGADO, 2011). Por isso, existem limites morais para a atividade do engenheiro, já que lida com a vida humana e sua segurança.

Para Zamberlan (2011), toda pessoa formada tem um débito, um compromisso com a sociedade, e um dever para com ela, principalmente se estudou em universidade pública. O engenheiro, por exercer trabalho que envolve projeto, técnica e cálculo de estruturas, está ligado a compromissos e responsabilidades sociais importantes. Porém, acha que o mundo está submetido à técnica e é acanhado do ponto de vista social, não compreendendo o potencial social do seu trabalho. Mesmo sem perceber, exerce esse papel (ZAMBERLAN, 2011).

Embora o empreendedorismo seja uma qualidade, o engenheiro que visa uma oportunidade de negócios é guiado por impulsos menos altruístas (BEVILACQUA,

2011). Ao mesmo tempo, a maioria dos entrevistados só vê o engenheiro atuando no setor privado.

O quadro abaixo resume as respostas obtidas sobre o papel do engenheiro na sociedade:

Quadro 6: O papel do engenheiro na sociedade.

Saber	Sólida bagagem nas disciplinas básicas (física e matemática);
	Saber integrar as áreas e disciplinas;
	Considerar recursos materiais, demandas sociais, riscos e princípios éticos;
	Conhecer o potencial social do seu trabalho.
Saber fazer	Planejar, projetar, executar, criar, inventar;
	Resolução de problemas dos processos naturais e de organização urbana;
	Processos e projetos em grande escala.
Saber ser	Insatisfeito;
	Movido pela curiosidade humana;
	Conhecer os limites morais que garantem a qualidade e a segurança da vida humana;
	Relacionar-se com pessoas.
Função social	Não tem função intrínseca, exclusiva;
	Sociedade espera que altere o mundo;
	Alavanca o avanço econômico e tecnológico, nas empresas e indústrias;
	Fundamental para o desenvolvimento do país.

3.2.3.3 Sobre a formação: estado atual, lacunas, instrumentos e entraves

Estado atual

A maioria dos cursos hoje segue o modelo antigo, clássico, e se recusa a experimentar outras opções por comodismo ou descrença. Os resultados acabam sendo bons pois os alunos que integram as escolas são bons. No entanto, o sentimento é de que a exigência de qualidade, tanto docente quanto discente, tem caído. Hoje, ser bem informado é mais importante do que ser bem formado, o que resulta em certa superficialidade no binômio ensino-aprendizado.

Apesar desse quadro negativo, os cursos transmitem conhecimentos científicos básicos e aplicados à engenharia (conceitos gerais, ciência básica e da área tecnológica profissional) com várias visões: de mercado (com os estágios), de projeto (com a monografia), pessoal/cultural (com intercâmbios), de pesquisa com as

iniciações científicas. Disso resulta o potencial para uma formação razoavelmente ampla.

Os egressos de cursos de engenharia possuem, em geral, uma capacidade analítica técnica forte e são muito bons no processamento de dados. Porém, embora saibam enxergar e analisar problemas, têm dificuldade em avaliar a influência dos parâmetros de cálculo e das representações necessárias para atingir as soluções, pois são condicionados pelo sistema simplificado de avaliação por provas (NASCIMENTO, 2011). Isso os atrapalha na análise dos resultados, na capacidade de diagnóstico e formulação de problemas novos.

Em termos sociais, os alunos não adquirem muitas competências, pois a própria universidade não preza as ciências humanas e as formações em engenharia ainda menos (SOUSA, 2011). Os futuros engenheiros acabam por carregar a experiência da sociedade à qual pertencem e ganham muito ao vivenciar oportunidades de trocá-las (VENDRAMINI, 2011). Ademais, a formação multicultural aumentou com intercâmbios, o que é valorizado, e as empresas júnior contribuem para a formação em empreendedorismo.

O grande objetivo das formações é de que o aluno aprenda a aprender. Dessa forma, considera-se que os complementos técnicos deveriam vir essencialmente da indústria ou do setor que empregará o engenheiro. Mesmo assim, o aluno sai com bagagem de conhecimento formal, em volume de conteúdo, reconhecida pelo mercado (ALMENDRA, 2011).

A separação entre a teoria e sua aplicação nos cursos de engenharia, que já foi verificada em estudo anterior (DWEK, 2008), foi novamente comprovada pelas entrevistas. Os professores consideram que a tradição do ensino de engenharia é de apresentar primeiro os conceitos básicos para depois aplicá-lo mas, historicamente, o processo ocorre ao contrário.

O quadro abaixo sintetiza as principais informações coletadas sobre o estado atual da formação em engenharia, visto pelos professores entrevistados.

Quadro 7: Quadro sintético sobre o estado atual da formação em engenharia.

	A formação como um todo	A formação humana e social correspondente	A relação entre formação científica e formação geral	A relação entre formação científica geral e formação técnica aplicada	A relação entre aprendizado teórico e prática
Estado atual	<p>Modelo clássico; Ciência básica e ciência da engenharia; Visão de mercado, de projeto, pessoal/cultural; Forte capacidade analítica técnica; Volume de conteúdo reconhecido.</p>	<p>Carregam a formação social correspondente às suas origens; Aulas expositivas.</p>	<p>Separação de disciplinas técnicas e humanas; Crise pedagógica.</p>	<p>Básico antes do aplicado; Equações sofisticadas são vistas como fatos matemáticos e não físicos; Aprendizado conceitual na aplicação; Alunos vêm análise teórica como referência da prática; Abala a autoestima do aluno.</p>	<p>Disciplinas de projeto; Extensão em engenharia; Alunos gostam de modelagem.</p>

Lacunas

Mesmo vivendo em tempos de globalização de alguns fluxos econômicos, com maior mobilidade na formação e na carreira dos engenheiros, faz falta uma orientação e um lastro maior nas especificidades do contexto nacional, especialmente nesse momento em que a economia brasileira parece precisar como nunca de novos profissionais da engenharia. Para atender à alta demanda, é preciso valorizar a cultura científica e tecnológica brasileira e trazer à baila os pontos fortes e as limitações de cada região do país.

Embora as DCN exijam uma formação humana, sua incidência nos cursos é pouca e em geral aplicada ao campo profissional, sem uma real transmissão de valores. O currículo está formatado de maneira antiquada e pobre, reflexo da superespecialização progressiva pela qual passou. As disciplinas e atividades com reflexões humanas, sociais e ambientais não cabem em grades horárias pesadas e são debilmente impostas em cursos já cheios demais. Aos futuros engenheiros considera-se que falta uma visão de questões políticas globais da área e das suas interferências na sociedade, uma formação social mais ampla, e a apreensão da multidisciplinaridade no trabalho em equipe. É preciso criar meios para que o aluno entenda a engenharia de maneira mais interdisciplinar, observando as relações entre as disciplinas, e também que saiba como seu conhecimento se articula com as necessidades da realidade brasileira em suas diferentes regiões (ZAMBERLAN, 2011). Isso requer a abertura a outros campos do saber, não apenas técnico. O aluno não é formado para reconhecer a cadeia de processos e suas repercussões, inclusive seus parâmetros sociais, ambientais e éticos. A ética deveria estar na ementa de todas as disciplinas assim como o conceito de prevenção com relação à inovação. Não pode portanto ser mantida a separação entre disciplinas técnicas e humanas, entre ciências exatas e sociais. Além disso, a preocupação ambiental e o compromisso social devem aparecer de forma mais explícita nos projetos pedagógicos (SOUSA, 2011).

Isso também requer que seja apresentada ao aluno uma visão de conjunto da formação, que ilustre os elos entre os saberes. É preciso fornecer uma perspectiva do curso no primeiro período com disciplina que esclareça a composição do curso e gere uma competência integradora (SALGADO, 2011). Essa concepção poderia em seguida ser lembrada nas demais disciplinas ao longo do percurso acadêmico do aluno.

Fazem falta igualmente as capacidades de criação, invenção de soluções e alteração dos processos existentes, certo "jogo de cintura", bem como mais competência empreendedora e um olhar crítico sobre os produtos do marketing. É importante formar um profissional crítico e para tanto a universidade precisa estimular debates e não buscar apenas a transmissão passiva de conhecimento. O ensino de engenharia carece portanto de prática experimental para não acabar ficando abstrato, intangível, faltando aos futuros engenheiros o traquejo para acreditar em modelos empíricos menos tecnológicos e rebuscados. É necessário então desenvolver a capacidade de síntese através de disciplinas de projeto que proporcionem a Interação entre prática e desenvolvimento teórico. Uma abordagem "mão na massa" permite entender as dificuldades da cadeia da engenharia, repensar os problemas e pensar em alternativas. Isso é favorecido pela aplicação de métodos de aprendizagem ativa e com o incentivo de empresas júnior por exemplo, com o intuito de ensinar a criar soluções, lidar com o tempo e unir os conhecimentos.

Também é preciso dar aos alunos ferramentas que lhes sirvam posteriormente para a avaliação de pessoas, o que requer de início uma mudança nos métodos de avaliação¹² vigentes nas formações. Existem mídias pouco testadas e processos pedagógicos pouco explorados nesse sentido (ZAMBERLAN, 2011), que favorecem inclusive o estudo por conta própria e a autonomia (MARTINS FILHO, 2011; ALMENDRA, 2011). Além disso, o estímulo à cooperação deveria ser incentivado através das organizações estudantis e outras atividades extracurriculares, com créditos.

Um contato mais próximo com o mundo do trabalho também é necessário para que os alunos saibam verbalizar melhor suas escolhas de carreira (VENDRAMINI, 2011). Para tanto, a interface entre indústria e universidade deve ser fortalecida com a presença de engenheiros da indústria dentro do quadro docente ou como convidados de disciplinas para compartilharem suas experiências (MACULAN FILHO, 2011).

O quadro a seguir apresenta a síntese das lacunas observadas pelos professores.

¹² Ver VASCONCELLOS, C. S., 2008. *Avaliação da aprendizagem: práticas de mudança – por uma práxis transformadora*. São Paulo: Libertad; e BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V.; LINSINGEN, I., 2008. *Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia*. 2.ed. Florianópolis: Ed. da UFSC.

Quadro 8: Quadro sintético das lacunas da formação em engenharia.

	A formação como um todo	A formação humana e social correspondente	A relação entre formação científica e formação geral	A relação entre formação científica geral e formação técnica aplicada	A relação entre aprendizado teórico e prática
Lacunas	<p>Entender articulação da formação com as necessidades da realidade das regiões brasileiras;</p> <p>Dificuldade do aluno em enxergar parâmetros complexos;</p> <p>Abertura a outras áreas;</p> <p>Visão de invenção de alternativas aos processos;</p> <p>Necessidade de disciplina que gere uma compreensão integradora do curso;</p> <p>Falta contato com o mundo do trabalho.</p>	<p>Formação ética e valores;</p> <p>Abertura ao outro;</p> <p>Relações humanas e comunicação.</p>	<p>Abertura dada pelas ciências sociais;</p> <p>Visão complexa;</p> <p>Incerteza sobre o conhecimento exato.</p>	<p>Engenharia sem prática experimental fica intangível e abstrata;</p> <p>Falta traquejo para acreditar em modelos empíricos menos tecnológicos e sofisticados.</p>	<p>Ancorar a teoria na prática;</p> <p>Experiência junto à sociedade;</p> <p>Pouca atividade extra-curso;</p> <p>Falta visão prática do mercado de trabalho.</p>

Instrumentos

Os professores têm verificado em alguns casos a queda na frequência dos alunos em sala de aula. A explicação proposta por Salgado (2011) é de que existem conflitos nos estilos de aprendizagem. Ou seja, alguns alunos não se sentem estimulados pelos métodos empregados pelos professores. Para enfrentar essa incompatibilidade, a sugestão é ampliar o leque de recursos pedagógicos dos professores, investindo especialmente nos métodos de aprendizagem ativa e no potencial do aluno para aprender de maneira autônoma – “aprender a aprender”. Assim, a introdução de práticas que estimulem a interação professor-aluno e aluno-aluno são vistas com bons olhos. Sousa (2011), por exemplo, ampara-se no pensamento do pensador Lev Vygotsky (1896-1934) ao considerar que a função do professor é propor o que o aluno não sabe fazer mas está ao seu alcance aprender através do contato com o professor e com os outros alunos. Isso implica favorecer condições para a discussão, o debate, o compartilhamento de informações por seminários, mas também requer o reconhecimento do ser humano no professor, a interatividade, o uso de dinâmicas de grupo, de dramaturgia, de simulação real em sala de aula, métodos de estudo de caso ou estudos dirigidos. Todas essas práticas necessitam de tempo para serem aplicadas e uma ambiência favorável à troca, ao pensar – e não apenas ouvir –, para expressar o nível de conhecimento do momento.

Outra metodologia ativa consiste no ensino baseado em projetos, que costuma diferir da iniciação científica e do estágio por consistir normalmente na realização de uma atividade desde a concepção até a execução, passando por todas as etapas intermediárias de planejamento e ensaio. Aqui novamente existem diversos exemplos e modalidades diferentes empregados ao gosto dos professores e/ou dos alunos: os projetos podem ser abertos ou fechados – ou seja, com objetivos mais ou menos pré-determinados –; articulados entre alunos de vários períodos ou especialidades; com foco em demandas reais ou fictícias; lastreados por um acompanhamento metodológico profundo ou superficial; realizados de forma competitiva, cooperativa, demonstrativa ou ilustrativa. O seu acompanhamento pode se dar por professores agindo como tutores, solicitados conforme a necessidade dos alunos, ou de forma mais sustentada com roteiros de trabalho e apresentações de compartilhamento da evolução dos grupos em sala de aula. Embora muitas vezes sirvam para desenvolver o trabalho interdisciplinar e em equipe, assim como os múltiplos aspectos e etapas de um projeto, é difícil emular as condições de projetos em grandes grupos com várias competências técnicas de áreas diferentes (MARTINS FILHO, 2011).

Além das disciplinas curriculares, os projetos de extensão também proporcionam um trabalho sobre demandas reais, em coletivo, com crítica, reproduzindo condições do trabalho de engenharia, com ênfase no funcionamento e na avaliação de resultados. As competições interuniversitárias de robôs, carros ou aeromodelos reproduzem as condições do trabalho em pesquisa e desenvolvimento industrial enquanto as empresas júnior são mais voltadas para a gestão. É sempre salutar quando essas investidas no trabalho de campo são debatidas e revertidas em substrato para o estudo em sala de aula.

Assim mesmo, as formações em engenharia carecem de uma verdadeira dinâmica interdisciplinar. É preciso, apesar da compartimentação e da especialização do conhecimento científico, apresentar as conexões entre os saberes e a riqueza que advém da associação entre os diferentes campos da ciência. Existe uma gama de perfis de profissionais que vai desde o especialista mais aprofundado em seu domínio técnico até o pensador global que investiga assuntos quase inclassificáveis dentro dos padrões atuais e que cria novos objetos de estudo (BEVILACQUA, 2011). A dificuldade reside em saber dosar o foco no ensino das disciplinas e na análise da complexidade dos fenômenos observados.

Embora as escolas de engenharia e as universidades tenham suas próprias vocações, para lidar com o desafio da complexidade, não cabe mais a imposição e prescrição total de conteúdos programáticos vistos como indispensáveis para o exercício profissional. Em alguns cursos, as disciplinas podem ser escolhidas sem a necessidade de pré-requisitos, mediante o aval do orientador acadêmico do aluno (SOUSA, 2011). Dessa forma, o aluno é chamado a constituir parte do seu currículo com eletivas, não somente personalizando o seu percurso acadêmico de acordo com suas aspirações mas, sobretudo, responsabilizando-se pela sua formação. Para tanto, uma mudança pedagógica é imprescindível. Deve-se estimular o aluno a tornar-se um ser pensante e para isso dar-lhe tempo para pensar.

Nesse sentido, o uso de novas ferramentas tecnológicas tem dado bons resultados. É comum considerar que, com as práticas atuais de comunicação e difusão da informação tornadas possíveis com a internet, os horários de trabalho tenham se prolongado. Assim, o acompanhamento do ensino à distância com plataformas virtuais do tipo *moodle*, permite a supervisão remota do trabalho dos alunos por parte do professor, reduzindo a presença em sala de aula e aumentando o trabalho extraclasse (ALMENDRA, 2011).

Há também uma dificuldade em encontrar uma solução de consenso para a questão das disciplinas que compõem a base científica da engenharia. Existe uma gama grande de propostas, desde os que sustentam que elas devem ser mantidas e fazem campanha por uma cobrança mais rígida a seu respeito, até os que as consideram secundárias e quase dispensáveis: para estes, elas poderiam, por exemplo, ser diluídas em módulos ou oficinas ao longo do curso, de acordo com a necessidade de aplicação em outras disciplinas. Outra proposta seria iniciar de maneira conceitual o ensino das bases científicas, com discussão filosófica dos fenômenos, e introduzir a parte calculatória conforme necessidade (NASCIMENTO, 2011).

Porém, esses novos desdobramentos supõem uma formação pedagógica do professor condizente com as novas práticas e a possibilidade de que tenham contato, experimentem e apliquem essas atividades. No entanto, os professores de engenharia tendem a querer reproduzir o seu conhecimento e meramente transmiti-lo, da mesma forma como lhes foi transmitido. Em geral, não possuem formação pedagógica nenhuma e, pelo contrário, apresentam certa resistência para adquiri-la (SALGADO, 2011). A ideia de realizar projetos e atuar mais próximo da prática do trabalho do engenheiro lhes é distante, e muitos preferem o conforto de ensinar apenas conceitos teóricos. A implantação de novas dinâmicas de ensino requer tempo e um trabalho profundo de sensibilização, agindo na dinâmica interna do corpo docente e estabelecendo condições de trabalho e meios para a reflexão sobre a pedagogia do ensino de engenharia e a aplicação de novos métodos. Os EEEs tiveram essa finalidade no curto período em que duraram e a participação nos COBENGES não é valorizada ou divulgada o bastante. É preciso portanto agregar um fator de qualidade, e não apenas quantidade, na avaliação docente (BEVILACQUA, 2011).

A avaliação discente também é um ponto problemático que demanda atenção especial. Alguns professores vão até a quase eliminação de provas para dissociar o aprendizado de sua contrapartida institucional, enquanto outros as multiplicam para que o aluno seja forçado a manter contato com a sala de aula. Há também os partidários do trabalho coletivo e das avaliações coletivas realizadas pelos próprios alunos em sala de aula, apostando na responsabilização dos alunos como atores de seu próprio aprendizado. Outros, aplicam provas com consulta que relacionam múltiplos aspectos estudados, acompanhadas de discussões dos resultados. De qualquer forma, é importante deslocar o foco da avaliação para o trabalho efetivamente realizado pelo aluno para sua formação. Assim, é preciso incentivar a leitura e a preparação prévia das aulas pelos estudantes e investir na sua participação

em sala, com aulas restritas a perguntas e respostas como exemplo de espaço de discussão proveitoso, independente de avaliações devolutivas.

O quadro abaixo indica os instrumentos inovadores para a formação em engenharia indicados pelos professores entrevistados.

Quadro 9: Quadro sintético dos instrumentos para a formação em engenharia.

	A formação como um todo	A formação humana e social correspondente	A relação entre formação científica e formação geral	A relação entre formação científica geral e formação técnica aplicada	A relação entre aprendizado teórico e prática
Instrumentos	<p>Aprender a aprender; Disciplinas de projeto; Estimular debates; Atividades acadêmicas contribuem; Intercâmbios propiciam formação multicultural; Novas mídias; Complemento deve vir da indústria.</p>	<p>DCN exigem formação humana Interação em grupos multidisciplinares; Projetos de engenharia que englobem todas as etapas e parâmetros; Mobilidade acadêmica; Criar canais de participação e fóruns de discussão e atuação engajada.</p>	<p>Mais trabalho e mais leitura; Novas práticas com auxílio tecnológico diminuem tempo em sala de aula; Mais tempo para debates, oficinas, laboratórios, projetos; Internet.</p>	<p>Prática deve ser referência da análise teórica; Diluição das disciplinas básicas em módulos ou oficinas ao longo do curso; Ler antes, preparar a aula teórica.</p>	<p>Laboratórios cooperativos e comunitários; Acordo entre indústria e universidade; Projetos de extensão; Estágio.</p>

Entraves

No tocante aos currículos, preocupa, frente aos desafios para a formação de mais e melhores engenheiros, a ausência de disciplinas que abordem questões ambientais e sociais do exercício da profissão. A separação entre cultura técnica e humanista reforça esse ponto, destacando os assuntos “de engenharia” de outros campos do conhecimento. Isso é agravado por haver disciplinas desconectadas nos períodos ou no curso como um todo, em geral as poucas incursões nas ciências sociais e humanidades que constam nos currículos, mas também alguns tópicos técnicos muito específicos que não dialogam com o restante ou são remanescentes de estruturas curriculares antiquadas. Os cursos precisam de mais disciplinas abertas, sobretudo com o estudo de casos, e não devem excluir o contato com profissionais, de todas as áreas de atuação dos engenheiros, para ampliar a visão dos alunos.

Mas essa formação ampla ainda encontra a resistência do conservadorismo. A grade curricular é confundida com o currículo e acaba tornando-se um aglomerado de gavetas estanques. Uma nova concepção é necessária, onde não haja apenas competências específicas mas sim instrumentos básicos para abrir uma empresa, seguir carreira de pesquisa ou especializar-se em uma engenharia (BEVILACQUA, 2011). Sobretudo considerando-se que, na área técnica, os avanços são muito rápidos e as instituições não os acompanham.

Os professores tampouco querem abdicar de suas matérias e não têm formação pedagógica para perceber que existem outras maneiras de aprender e avaliar, que uma nova concepção de universidade é possível, sem a primazia da aula expositiva. As disciplinas básicas apresentam equações sofisticadas que não são vistas como fatos físicos e sim matemáticos (MARTINS FILHO, 2011). A álgebra, o cálculo e a física, que compõem a base dos saberes da engenharia, são lecionadas de forma muito intensa, concentrada no início do curso e desconectada da realidade da profissão. O rigor com o qual são ensinadas essas disciplinas – cujo mérito não foi colocado em questão – abala a autoestima dos alunos.

É um erro que os professores de engenharia não sejam treinados para o exercício da docência pois, muitas vezes, acabam simplesmente reproduzindo o modelo de aula ao qual foram acostumados, sem buscar qualquer renovação. O mestrado e o doutorado deveriam ser vistos como parte do processo de capacitação docente, por exemplo (MARTINS FILHO, 2011). Com isso, seria possível evitar o ensino-aprendizado estático que convém ao conservadorismo e comodismo tanto dos alunos como dos

professores. A falta de interatividade deve ser combatida, assim como a educação bancária¹³, até no uso de plataformas tecnológicas. A mudança do meio não implica em mudança de metodologia de ensino, como é observado em aulas em que slides são projetados em frente a estudantes adormecidos. É necessária a troca, a discussão, os exemplos. Segundo Nascimento (2011), “é preciso evitar o tratamento dos alunos como máquina ou como rebanho, com aulas pré-produzidas, formatadas sem discussão, e com provas como única forma de avaliação, esperando respostas prontas. Quem avalia é quem ensina, quem conhece o aluno”.

Assim, a avaliação quantitativa também deve ser evitada, pois pode ser arbitrária. Por que não fazer uma discussão aberta sobre avaliação? Com isso, as práticas avaliativas são mais bem dosadas e não precisariam passar necessariamente por provas. Para tanto, o professor deve ter a liberdade de escolher. Uma prova aplicada sem consulta, com conteúdo memorizado e facilmente esquecido, que cobra um modelo prescrito, poderia ser evitada e aplicada conforme a necessidade apenas. A existência de fragmentações nos corpos docentes também é prejudicial, como ocorre em cursos que possuem programas de pós-graduação e nos quais a maioria dos professores acaba preterindo o ensino da graduação.

Segue abaixo o quadro que sintetiza as informações fornecidas pelos professores entrevistados sobre os entraves à formação em engenharia.

¹³ O conceito de educação bancária foi definido por Paulo Freire em sua obra *Pedagogia do Oprimido* (2005): na visão bancária da educação, “em lugar de comunicar-se, o educador faz ‘comunicados’ e depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem”.

Quadro 10: Quadro sintético de entraves na formação em engenharia.

	A formação como um todo	A formação humana e social correspondente	A relação entre formação científica e formação geral	A relação entre formação científica geral e formação técnica aplicada	A relação entre aprendizado teórico e prática
Entraves	<p>Avaliação simplificada com provas</p> <p>Exigência de qualidade docente e discente baixa</p> <p>Superficialidade</p> <p>Perfil cultural brasileiro pouco empreendedor</p>	<p>Aplicação apenas ao campo profissional e às empresas</p> <p>Universidade não preza ciências humanas</p> <p>Professores não têm formação pedagógica</p> <p>Carga horária pesada e cursos superespecializados</p>	<p>Carga horária pesada e cursos superespecializados</p> <p>Grade curricular compartimentada</p> <p>Conservadorismo</p>	<p>Trabalho puramente numérico</p> <p>Depende da vontade do docente</p> <p>Falta estímulo no ciclo básico</p> <p>Vocação da universidade para pesquisa</p>	<p>Professor quer reproduzir o que conhece</p> <p>Foco nas provas</p> <p>Carência de professores com contato com problemas reais e visão profissional</p> <p>Disciplinas básicas com visão aplicada não agradaram alunos</p>

3.2.3.4 *Prioridades*

A pesquisa aqui realizada aponta para a necessidade de um ensino de engenharia com perspectiva crítica e humanística da sociedade, de forma que o futuro engenheiro perceba os atuais desserviços sociais e segmentos de recursos mal-distribuídos, para que possa organizar melhor a sociedade em seu desenvolvimento. Uma formação que englobe estudos sociais – isto é, que transmita o conhecimento de diferentes sociedades, com disciplinas de humanas ligadas a questões sociais e à gestão de recursos humanos e ambientais – é importante para trabalhar com gente, permite ver como a sociedade funciona e quais os impactos da engenharia sobre ela.

Hoje, um engenheiro precisa possuir uma vasta cultura científica. Deve associar ao seu saber técnico conhecimentos sobre os sistemas social, humano e político nos quais irá atuar, reconhecendo a história da formação das sociedades, suas relações sociais, evolução e política. Como todo cientista, deve fazer-se perguntas de cunho filosófico e epistemológico: o que nós somos, qual nossa relação com o conhecimento prático, teórico, metafísico, com a psicologia e a religião. É preciso também que reflita sobre o seu papel, especialmente no que diz respeito à preservação da qualidade de vida das pessoas e da própria vida no planeta. Não pode tampouco excluir a arte como vetor transversal e precursor de outra forma de conhecimento (BEVILACQUA, 2011).

No entanto, esses elementos são amplamente ignorados pelos cursos. A universidade não pode desprezar essa formação e, como visto nas entrevistas, seus professores reconhecem a importância de um aprendizado multidisciplinar que abranja ética, relacionamento interpessoal e interação em grupos interdisciplinares. Há, mesmo assim, uma oposição à ampliação da abrangência das formações em engenharia devido ao volume de aulas dos alunos, notoriamente alto. Já falta tempo aos estudantes. Existem, no entanto, novas práticas que permitem ensinar mais, com menos tempo em sala de aula, colocando o aluno em outros ambientes pedagógicos, propícios para observar, debater e pensar sobre questões mais amplas: oficinas, laboratórios e projetos, por exemplo. O aluno receberia uma formação básica e deveria aprender o que lhe faltasse por conta própria. E com a internet e os novos meios de comunicação, os professores e alunos têm virtualmente acesso às mesmas informações (MACULAN FILHO, 2011).

Se houver espaço para o aprendizado colaborativo professor-aluno, aluno-professor e aluno-aluno, haverá inovação. O espaço educativo deve servir para a interação entre

teoria e prática através da aplicação do conteúdo. Quando inseridos em um espaço de construção de um projeto de engenharia, com todas as suas etapas, professor e aluno aprendem a buscar respostas.

Mesmo sem um mecanismo formal que os estimule e sem grandes investimentos, os alunos realizam atividades extracurriculares que complementam a sua formação e lhes trazem experiências consideradas ricas para seu exercício profissional. Dentre elas, as atividades de extensão permitem a aquisição de uma percepção cidadã ao engenheiro, enquanto a mobilidade acadêmica e as trocas culturais e geográficas os abrem para a diversidade cultural e social do mundo.

Sobre a relação entre formação científica e formação geral, parece ser um consenso de que ambas são necessárias. A técnica é importante, mas não é possível trabalhar na área científica sem a área humana e cultural: o mundo do trabalho hoje clama por isso. É preciso formar gente aberta, disposta a ouvir outras formações e com a capacidade de análise da realidade dada pelas ciências sociais. Há inclusive uma crise dessa classificação, até mesmo no plano pedagógico. Soluções técnicas que não contemplam diversas áreas são subótimas. Os problemas atuais são mais complexos e essa nova dimensão precisa ser introduzida de maneira a gerar mais dúvidas do que certezas nos futuros profissionais: eles devem saber que o conhecimento científico exato está em crise, assim a complexidade do humano pode ser facilmente apreendida (ZAMBERLAN, 2011).

A separação que existe entre disciplinas técnicas e humanas forma um engenheiro desligado do mundo à sua volta: o grande desafio hoje não é a acumulação de conhecimento, mas justamente saber o que fazer com toda essa bagagem técnica. Assim, além de sólidos conhecimentos técnicos, é preciso uma formação geral que envolva a aplicação do conhecimento científico a contextos sociais humanos, suas implicações éticas e as expectativas dos diferentes *stakeholders*. A universidade deveria dar também ao aluno a possibilidade de desenvolver outras habilidades pessoais, sem que haja necessariamente uma aplicação ao mercado, na forma de disciplinas de escolha livre, favorecendo assim a troca entre a engenharia e outras profissões.

Idealmente, o professor de ciência básica deve mostrar a aplicação e importância do conhecimento ensinado para a área de atuação, mas poucos o fazem, atendo-se a um trabalho puramente numérico. Apresentar as aplicações mais cedo no curso também é vantajoso, pois dá uma visão da profissão ao aluno. Por outro lado, tanto aluno como

professor são beneficiados se problemas específicos vierem acompanhados de questões mais gerais e holísticas.

O ciclo básico só é reconhecido pelo aluno quando aplicado e atualmente falta estímulo tanto ao corpo docente como discente para melhorá-lo. A solução talvez seja dar aos ingressantes uma perspectiva do curso no 1º período, para que compreendam o encadeamento da proposta curricular como um todo, trabalhando as ciências básicas e aplicadas em paralelo ao longo do curso (SOUSA, 2011).

Os cursos de engenharia oscilam constantemente entre a adoção de um ciclo básico ensinado por especialistas das disciplinas básicas ou por engenheiros que direcionem o conteúdo para o seu campo de atuação. Cada instituição, com sua respectiva vocação para a pesquisa fundamental ou para a formação profissional, decide se o que importa são os fundamentos, e a aplicação pode ser aprendida depois, ou se a realidade da profissão é bem-vinda na sala de aula; se o engenheiro deve resolver o problema ideal e futurista ou o que está ao seu lado. Em última instância, a ligação entre conhecimento geral e específico é feita pelo docente e depende da sua motivação.

Contudo, será sempre melhor realizar a prática que corresponde a determinado aprendizado teórico. A prática deveria normalmente servir de referência para a análise teórica: o aprendizado conceitual se dá na aplicação a problemas reais pois antes disso trata-se apenas de conhecimento ferramental. Isso é possível com disciplinas teóricas unidas a disciplinas práticas ou atividades que aproximem algum problema mais acadêmico de hipótese ou comprovação teórica a soluções concretas com base na sua aplicabilidade real. O ensino "*hands-on*" – ou "mão-na-massa" – forma bons engenheiros, transmite senso do real e pode até influenciar a evasão dos alunos (ALMENDRA, 2011). Os alunos de engenharia geralmente gostam de poder modelar os seus problemas, "enxergá-los" e simulá-los, mas é preciso ter contato com o processo fora da tela do computador. A iniciação científica já se consagrou como meio para esse fim e alguns advogam que deveria ser incentivada desde o primeiro ano do curso. Mas existem diversas modalidades de aprendizado ativo, com base em atividades práticas.

As disciplinas de projeto ou baseadas em problemas têm essa característica de confrontar o aluno a questões específicas da prática profissional. Na POLI/UFRJ, há uma disciplina de projeto que discute todos os aspectos e impactos da construção de um robô, trabalhando também a gestão de uma equipe (SOUSA, 2011). No entanto,

há uma resistência por parte dos professores em geral perante essas iniciativas que fogem da simples reprodução do conhecimento adquirido e da transmissão e recepção passiva em sala de aula.

Por outro lado, as atividades de extensão universitária proporcionam aos alunos o contato com a sociedade, seja em trabalhos de divulgação e comunicação científica, em projetos solicitados à universidade por agentes sociais externos, ou na mediação de cursos. Elas trazem os benefícios exclusivos do contato direto com os destinatários de um projeto. Na POLI/UFRJ, essas atividades são creditadas pela disciplina “Projetos de Extensão em Engenharia”. Contudo, a oferta ainda é pequena e a participação dos alunos relativamente baixa (SOUSA, 2011).

Os estágios também permitem desenvolver os conhecimentos teóricos aplicando-os na atuação profissional mas, ainda assim, costuma faltar aos alunos uma visão prática do mundo do trabalho. As visitas técnicas talvez pudessem ser multiplicadas e o engajamento entre indústria e universidade aprofundado. É preciso que os alunos tenham contato com profissionais da área, por meio de palestras ou através de professores em regime parcial, embora a tendência de contratação atual das universidades federais seja contrária a essa última sugestão.

Abaixo, é apresentado o quadro que sintetiza os elementos fundamentais e prioridades para uma renovação da formação em engenharia.

Quadro 11: Quadro sintético de propostas para a renovação da formação em engenharia.

	A formação como um todo	A formação humana e social correspondente	A relação entre formação científica e formação geral	A relação entre formação científica geral e formação técnica aplicada	A relação entre aprendizado teórico e prática
Como deveria ser/ Elementos fundamentais/ Prioridades	<p>Entendimento interdisciplinar da engenharia;</p> <p>Capacidade de síntese e problematização;</p> <p>Preocupação ambiental e compromisso social deveriam aparecer;</p> <p>Estimular a cooperação;</p> <p>Aprendizado ativo;</p> <p>Mais competência empreendedora.</p>	<p>Não pode haver separação entre disciplinas técnicas e humanas;</p> <p>Visão crítica de questões globais, geopolíticas;</p> <p>Conhecer diferentes sistemas social, humano e político;</p> <p>Reconhecer a relação com o conhecimento prático, teórico, metafísico, a psicologia e a religião pela filosofia;</p> <p>Preservação da qualidade de vida no planeta;</p> <p>Arte como vetor transversal e precursor de outra forma de conhecimento;</p> <p>Aprendizado colaborativo.</p>	<p>Envolver aplicação a contextos sociais e expectativas dos stakeholders;</p> <p>Mais aulas na área de ciências sociais;</p> <p>Transmissão de instrumentos básicos para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • abrir uma empresa, • fazer pesquisa • ou especializar-se em uma engenharia; <p>Formação ampla, sem restrição ao mercado.</p>	<p>Aplicado em paralelo com básico;</p> <p>Básico ser dispensável, aprendido conforme a necessidade do aluno;</p> <p>Iniciar com discussão filosófica dos fenômenos e introduzir a parte calculatória de acordo com necessidade das outras disciplinas;</p> <p>Mostrar importância da teoria na área de aplicação e atuação;</p> <p>Resolução de problemas do contexto próximo.</p>	<p>Abordagens ativas por problemas (PBL) ou projetos (POL);</p> <p>Disciplina em que o aluno crie algo aplicando suas bases experimentais;</p> <p>Iniciação científica desde o primeiro ano;</p> <p>Mais visitas técnicas.</p>

4 TEMAS PARA A RENOVAÇÃO CURRICULAR E PEDAGÓGICA

Um sistema de formação de engenheiros deve ensinar seus atores a observar, escutar, imaginar, experimentar soluções e criticá-las para, por fim, saber implementá-las.

Bernard Fraysse, *Professionalisation des élèves ingénieurs*.

A necessidade de renovação da formação em engenharia para formar mais e melhores responsáveis pelo desenvolvimento tecnológico do país parece ter se tornado ponto pacífico dos discursos, tanto do governo como das empresas e da academia. Da comparação entre a conjuntura francesa e a brasileira, considerando as diferenças de estrutura institucional, percebe-se que a situação é a mesma nos dois países, pois ambos estimam que seja preciso reformular os cursos para atender aos desafios do século XXI. Críticas aos atuais currículos não faltam dos dois lados do Atlântico. O que falta são propostas que consigam conjugar os diferentes anseios – formar mais, formar para a inovação e o empreendedorismo, prezando um maior primor técnico, sem esquecer as obrigações e responsabilidades para com a sociedade e o meio ambiente – de maneira que sejam aceitas pela comunidade acadêmica. Isso não é nada trivial, já que a mudança na academia sempre requer o diálogo com diversas orientações pedagógicas, técnicas e também políticas.

No entanto, cada instituição possui suas características próprias e foco específico. Giré *et al.* (2000, p. 55) identificam divergências entre escolas com foco em gestão e escolas com foco em pesquisa, que, por sua vez, formam engenheiros especialistas ou polivalentes, priorizando o saber teórico ou o prático. Ademais, mesmo com certas imposições externas do Ministério da Educação ou pressões de setores da indústria, as decisões finais sobre a adoção de determinado modelo curricular ou diretriz pedagógica são tomadas pelos professores nas escolas. E cada corpo docente acaba imprimindo sua marca característica em seu projeto pedagógico, mesmo que esta seja totalmente desorganizada ou heterogênea.

O grande risco de um projeto como o desta dissertação, que pretende realizar uma síntese de experiências de ensino de sorte a apontar caminhos para a renovação da formação, é ser considerado particular ou aberto demais. Se insistir na adaptação dos cursos a valores de determinada corrente epistemológica, as contribuições podem perder seu apelo para os professores que não compartilham deste enfoque e interessar somente àqueles que concordam com tal visão. Seria simplesmente uma “pregação para os convertidos”. Por outro lado, ao tentar abraçar os diversos pontos de vista sobre a educação científica e tecnológica, as conclusões podem soar vagas

ou evidentes demais. É preciso, portanto, buscar as propostas de renovação que provoquem mudanças profundas, tocando na essência do ensino da engenharia, mas que possam ser adequadas a contextos de formação específicos.

A dificuldade reside então em definir quais os elementos fundamentais que a formação em engenharia deve abarcar, para além das especializações profissionais. Quais as qualidades que devem ser estimuladas no engenheiro que irá trabalhar na construção do mundo de amanhã? Quais os saberes e valores que deve portar e exercer? Como será possível transmiti-los?

Nesse capítulo, é aprofundada a análise dos resultados da pesquisa, sintetizados no capítulo anterior. Para tanto, foram extraídas temáticas dos quadros do capítulo 3 – estado atual, lacunas, instrumentos, entraves e prioridades para a renovação da formação – para alimentar e orientar a discussão. Os grandes temas que surgiram foram: a questão da disciplinaridade, a relação entre ciência básica e técnica de engenharia, a leitura do mundo, a construção do projeto profissional, as aprendizagens ativas, a reflexão sobre a formação docente, e os saberes de uma nova engenharia. Cada tema possui seus desdobramentos para o currículo do curso e seus aspectos pedagógicos.

Não se trata no entanto de responder às diferentes questões com propostas fechadas e encerrar o assunto. Pelo contrário, a reflexão sobre a formação dos engenheiros é um terreno amplo, aberto e movediço, e os temas aqui apresentados contêm, cada um, substância para mais pesquisas. Cabe aos seus agentes aprofundar-se neles constantemente.

4.1 A QUESTÃO DA DISCIPLINARIDADE

O pensamento disciplinar se verifica nas atividades acadêmicas e repercute no mundo do trabalho. Assim, para avançar e romper a frente dos conhecimentos, a pesquisa passa por uma especialização extrema, em domínios por vezes ridiculamente estreitos. Por sua vez, o ensino desse conhecimento específico implica uma compartimentação (KOURILSKY, 2002, p. 19). Segundo a lógica cartesiana de recorte e redução das dificuldades, cada problema novo deve ser entregue a um perito técnico, que dispõe de discurso adequado e olhar objetivo, tido como autoridade competente. Isso reforça a existência de prerrogativas disciplinares e a concorrência entre os campos do saber (LEMAITRE, 2003, p. 93).

Mas, segundo François Kourilsky (2002, p. 19), antigo diretor do Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), um dos mais importantes organismos de pesquisa do governo francês, com mais de 34000 pesquisadores das mais diversas áreas do saber, o problema hoje não está na especialização requerida no ato de aprender, e sim na abertura necessária para compreender os fenômenos nas suas interações. Nesse contexto, faz-se necessária uma abordagem mais humanista e sistêmica.

Conforme Lenoir *et al.* (2006, p. 24), a acumulação de disciplinas forma um ecletismo possivelmente destruidor, pois é misticizante. Os autores afirmam que,

do ponto de vista de uma formação profissional, a disciplinaridade só faz sentido na medida em que não é considerada como o horizonte da formação, sua finalidade, mas em que é apreendida dentro de uma lógica da ação, como uma ferramenta, uma alavanca central para analisar e teorizar as situações e as práticas profissionais, na qual é imediatamente contextualizada socialmente e inserida dentro de um processo global de formação. As disciplinas científicas assumem então uma função contributiva e não mais de orientação da formação (LENOIR *et al.*, 2006, p. 27, tradução nossa).

Com isso, os diferentes campos disciplinares começam a ter suas fronteiras investigadas e suas superposições tornam-se objeto de estudo. Despontam algumas alternativas para a questão da disciplinaridade com propostas distintas para a formação dos engenheiros. Le Moigne (2002, p. 29) sugere uma tipologia da interdisciplinaridade fundada na oposição simbólica entre a interdisciplinaridade de tipo *pluri* e a de tipo *trans*.

A primeira interdisciplinaridade consiste na apropriação por determinada área de métodos consagrados de outra área, na esperança de que atendam às suas demandas. Com isso, deseja-se explicar e prever os fenômenos, multiplicando os olhares, mas não necessariamente refletir e entendê-los (LE MOIGNE, 2002, p. 29). A convergência entre disciplinas é proporcionada pelo contato com áreas diferentes do conhecimento. Essa prática, bastante antiga nas escolas de engenharia, fundada no aparente consenso sobre a “complexidade” do trabalho do engenheiro, se dá pela inclusão nos currículos de disciplinas de humanidades e ciências sociais, assim como outros assuntos externos à técnica da engenharia. Baseia-se no princípio de que

o aluno de engenharia precisa acumular o máximo possível de sistemas de análise, de conhecimentos multidisciplinares que o permitam apreender de maneira racional um conjunto variado de áreas, para construir uma representação pertinente e habituar-se a fazer escolhas sensatas o bastante para serem aceitas (LEMAITRE, 2003, p. 71, tradução nossa).

Nas entrevistas com os professores houve menção a esse acréscimo de disciplinas de ciências humanas e sociais para preencher as lacunas na formação dos engenheiros brasileiros. Porém, há uma relutância intrínseca a esses assuntos nas escolas, pois, segundo Bazzo *et al.* (2008, p. 61), “o ensino de engenharia tem-se revelado um sistema profundamente internalista, calcado em pressupostos que nascem, desenvolvem-se e referendam-se dentro dos limites de suas próprias fronteiras”.

Além disso, a própria universidade não preza suficientemente as ciências humanas, preterindo-as em favor das prestigiadas tecnociências. Os investimentos e orçamentos dos laboratórios e grupos de pesquisa são uma prova disso, assim como as políticas de apoio aos estudantes do programa “Ciência sem fronteiras”, que não abrange as Humanidades e as Ciências Sociais em suas áreas prioritárias (BRASIL, s/d, “Áreas prioritárias”).

Mais fácil de aplicar, a multidisciplinaridade (ou pluridisciplinaridade) é a primeira solução proposta para a questão da formação humana do engenheiro e sua abertura a outras áreas. O problema é que, embora se explicita um discurso de amálgama, os currículos, corpos docente e discente e a própria estrutura dos cursos ainda guardam implicitamente uma separação entre o conhecimento verdadeiramente “engenhairal” e “o resto”. A multidisciplinaridade aplicada nos cursos de engenharia, por não reconhecer de fato a natureza intrinsecamente conectada entre as disciplinas e sua influência mútua, leva à perpetuação de visões fragmentadas. A simples acumulação de conteúdos diversos não amplia a percepção da atuação do futuro engenheiro.

Além disso, com cargas horárias já bastante pesadas, a tendência nos cursos é que as disciplinas de campos tangentes às especialidades da engenharia acabem se tornando alvo de pressões por cortes. Com seus conteúdos mutilados, não atingem sequer o objetivo de integrar novo conhecimento ao estudante e sua presença na formação é vista como estorvo ou desprezada, reforçando a ruptura entre os saberes.

Na França, onde existem formações não-técnicas em todas as escolas de engenharia, a multidisciplinaridade é o padrão adotado na maioria dos casos. No entanto, por não apagar as fronteiras entre os departamentos, ela promove às vezes disputas internas entre professores de cada um dos lados, quando deveria fomentar a situação oposta. Ademais, o docente de ciências humanas na engenharia é, geralmente, um ser acadêmico híbrido, que pena em encontrar publicações para divulgar seu trabalho de pesquisa, e é portanto difícil de ser avaliado. Seu plano de carreira é incerto, o que desestabiliza e desmotiva aqueles que se aventuram por esse caminho.

Nessa posição ambígua, entre ampliação do escopo dos currículos e preservação da fratura epistemológica que o perpassa, cabe ao estudante interessado realizar a reintegração do saber. Talvez a pequena abertura possível com a mera inclusão de temáticas humanas, sociais, ambientais e filosóficas já seja válida e represente um passo na direção certa para os poucos estudantes que assumem para si a tarefa de expandir suas perspectivas da profissão, a partir de um ensino fundamentalmente dividido. Contudo, existem alternativas mais auspiciosas.

A segunda interdisciplinaridade, de tipo *trans*, tem maior eficácia descritiva, pois permite compreender, representar e modelizar melhor os contextos da intervenção humana. Distingue-se essencialmente da interdisciplinaridade de tipo *pluri*, pois observa a singularidade dos contextos e não os concebe ou constroi pela duplicação de modelos pré-existentes (LE MOIGNE, 2002, p. 29).

No geral, a ciência, e particularmente a engenharia, ainda tateia com relação à percepção e tratamento de parâmetros complexos. Em obra na qual sintetiza os temas que considera fundamentais para a educação de modo geral, o pensador Edgar Morin propõe os “sete saberes necessários para a educação do futuro”, que permitiriam “integrar as disciplinas e estimular os desenvolvimentos de um conhecimento apto a vencer os desafios de nossa vida individual, cultural e social” (MORIN, 2000, p. 7). Morin associa ao principal paradigma filosófico do Ocidente – que desde Descartes separa o sujeito e o objeto, a alma e o corpo, a existência e a essência – a origem do confinamento disciplinar e da fragmentação do conhecimento. Para reunir as partes com o todo e desenvolver qualidades necessárias à observação complexa da realidade é preciso: estar ciente das cegueiras do conhecimento, suas lacunas epistemológicas; saber identificar as relações e pertinência das informações que recebemos; apreender a natureza intrinsecamente complexa da condição humana, dispersa nas várias disciplinas; reconhecer que vivemos uma era planetária, na qual as populações humanas se afetam mutuamente e seu destino está ligado; abandonar as concepções deterministas e abrir-se às incertezas inerentes às ciências e ao nosso tempo; desenvolver o ensino da compreensão entre indivíduos, para igualmente compreender as causas da incompreensão; e, finalmente, avançar rumo a uma democracia real e a uma solidariedade planetária (MORIN, 2000). Essas são as orientações gerais que o autor fornece para enfrentar o desafio educacional do século XXI, frente às crises que estouram em todas as áreas.

Nesse sentido, é melhor uma didática das situações profissionais do que uma didática disciplinar, pois a prática da engenharia implica, em geral, na interação em grupos

multidisciplinares. Portanto, é importante que os alunos tenham o maior contato possível com projetos de engenharia que englobem todas as etapas e parâmetros que irão encontrar no exercício da profissão.

Assim, são necessárias abordagens transdisciplinares para o ensino de engenharia. A inserção do enfoque CTS nos currículos das escolas de engenharia é uma contribuição significativa 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 (AULER & BAZZO, 2001; SANTOS E 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. Hoje, os conteúdos CTS já são tidos como necessários, embora ainda sejam, na prática, apenas complementos à formação, justaposições desajeitadas, disciplinas “extra-engenharia”, ou simples itens de perfumaria no curso. Os próprios professores sentem dificuldades para a implementação de abordagens CTS por nunca terem tido contato com estes conteúdos – o que gera dúvidas e inseguranças nos docentes (SORPRESO & ALMEIDA, 2010). No entanto, existem alguns exemplos de iniciativas bem-sucedidas, como na Universidad de la Republica, no Uruguai, o curso de extensão “Ciências e Comunidade”, que promove atividades em que os estudantes podem ensinar ciências em escolas e festivais de ciência e tecnologia, atividades em que são fomentados debates e discussões públicas sobre temáticas atuais de ciência e tecnologia, e trabalhos de extensão (DAVYT & LÁZARO, 2010). Igualmente, é possível citar a disciplina de “Engenharia e Sociedade” na Universidad Tecnológica Nacional de Buenos Aires que, integrando o ciclo básico de disciplinas, desenvolve valores éticos e o tema do desenvolvimento humano dentro de um determinado contexto sociopolítico, por meio de um trabalho prático (FERRANDO, 2010).

Esses exemplos apontam para uma necessidade que também foi levantada pelos professores entrevistados: é fundamental para o estudante ao menos uma disciplina que gere uma compreensão integradora do curso. Muitas vezes, isso ocorre em disciplinas introdutórias, que indicam como se encadeia o curso e se articula o conhecimento adquirido, ou em disciplinas de projeto, que apresentam o saber de engenharia relacionado à sua prática.

4.2 A RELAÇÃO ENTRE CIÊNCIA BÁSICA E TÉCNICA DE ENGENHARIA

Há uma forte tendência no ensino de engenharia a considerar que o profissional é definido pelo seu conhecimento técnico. Esse paradigma é fruto de uma visão do conhecimento que atribui a cada área profissional as suas bases científicas e tecnológicas. Em função disso, por consenso estabelecido entre os docentes do curso e com base na normalização vigente, as escolas de engenharia costumam focalizar seus esforços, currículos e professores para proporcionar situações de transmissão do conteúdo técnico tido como o mínimo necessário para o aluno. No Brasil, eles respondem por aproximadamente 90% do programa da formação (FRAGA, 2007; DWEK, 2008). Na França, por outro lado, a abertura a outros aspectos pode chegar a um terço da carga horária em alguns casos.

A grande crítica feita às DCN foi a ausência de prerrogativas quanto à carga horária mínima para os cursos de engenharia (SOUSA, 2010). Há, contudo, uma indicação de que os núcleos de conhecimentos básicos – 15 tópicos no total – devem representar 30% da carga horária mínima, dentre os quais figuram “Metodologia Científica e Tecnológica”, “Comunicação e Expressão”, “Administração”, “Economia”, “Ciências do Ambiente” e “Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania”. Os núcleos de conteúdos específicos e profissionalizantes, que devem representar 15%, têm 53 tópicos possíveis dos quais se destacam, para além dos saberes técnicos aplicados às engenharias, apenas conteúdos ligados à gestão – inclusive a “Gestão do Ambiente” – e à administração (BRASIL, 2002a, art. 6º e 7º).

Em geral, a carga horária dos cursos de engenharia é pesada e, devido à falta de abertura do curso, ocorre o problema da “superespecialização”, mencionado nas entrevistas. Pela própria dificuldade em delimitar qual o campo de saber de cada habilitação em engenharia no Brasil, os cursos percorrem um conteúdo amplo entre disciplinas técnicas básicas e aplicadas. Essa abrangência também resulta em uma abordagem superficial, na qual diminui o tempo dedicado para cada tópico.

Não há dúvidas de que o bom engenheiro deve deter sólidos conhecimentos de ciências básicas. Porém, a concepção atual do ensino dessa base desestimula o aluno e não desenvolve sua capacidade de aprender a aprender. Pelo contrário, a maioria é levada a simplesmente restituir as informações exigidas nas avaliações, sem a menor preocupação em erigir edifícios conceituais. Os conteúdos técnicos costumam ser ministrados como itens de um grande catálogo, depositados nas aulas aos montes, mas pouco apropriados pelos estudantes. Além disso, o ciclo básico, tal como é

concebido atualmente, abala a autoestima dos alunos, pois apresenta conteúdos básicos, teóricos e abstratos, de maneira descontextualizada e distante da aplicação prática. Até as tentativas de abordar o ensino das bases da Física e da Matemática por professores especialistas em engenharia – e não dos departamentos das disciplinas “puras” – não foram bem-sucedidas. Provavelmente porque a presença de uma sobrecarga em matérias básicas no início do curso permaneceu, preservando a separação entre teoria e prática verificada por Fraga (2007) e Dwek (2008), que descaracteriza o conhecimento científico e retira-lhe todo sentido.

Assim, é positivo iniciar a abordagem dos conteúdos técnicos com uma discussão filosófica e epistemológica e aos poucos introduzir os conceitos mais sofisticados, sempre atentando para sua contextualização. A parte calculatória, atualmente mais enfatizada e rigorosamente exigida, deve aparecer conforme a necessidade das disciplinas. O aprendizado de seus métodos é primordial mas não deve ser o objetivo final e único do ensino de engenharia. Segundo Nascimento (2011), toda a parte de ferramentas matemáticas e de bases científicas poderia ser diluída em módulos ou oficinas: os estudantes, trabalhando em projetos variados no quadro de sua formação, aprenderiam conforme fosse necessário para realizar suas tarefas, de maneira autônoma e responsabilizada. Com isso, haveria uma conexão entre as disciplinas básicas e suas aplicações, tratadas em paralelo.

4.3 A LEITURA DO MUNDO

Segundo o professor Luiz Bevilacqua (2011) – que já foi presidente da Agência Espacial Brasileira, secretário-geral do Ministério da Ciência e da Tecnologia e reitor da UFABC – a formação humana e social dos cursos de engenharia deve ter como objetivo apresentar ao estudante diferentes sistemas sociais, humanos e políticos. Essa afirmação é compartilhada pelo professor Ericksson Rocha e Almendra (2011), atual diretor da Escola Politécnica da UFRJ, que ressalta a importância de uma visão crítica de questões globais, históricas e geopolíticas.

Mas esse tipo de aprendizado só se efetiva pelo contato com diferentes realidades e contextos sociais. Não é possível, por exemplo, querer incorporar as expectativas dos *stakeholders* sem conhecê-los e buscar compreender sua cultura, seus hábitos e seu modo de pensar. A observação do mundo requer convívio no mundo, aplicação e

cotejamento do conhecimento teórico a problemas reais, levando em conta suas particularidades regionais e simbólicas¹⁴.

Não havendo estímulo para a aquisição de concepções mais profundas do mundo e de uma observação mais crítica da realidade, os estudantes – e os professores também – entram e saem com a mesma formação social de suas origens. O único aprendizado social possível se dá pela simples coexistência de pessoas com experiências distintas e a esperança de que aconteça uma troca entre elas, o que não é particularmente favorecido nas escolas. Além disso, o ensino superior permanece ainda um privilégio de poucos brasileiros e não há tanta diversidade no perfil social dos alunos nas escolas de engenharia, por mais que hoje existam alguns mecanismos voltados para a inclusão social no acesso às universidades.

Como sugerido por diversos professores entrevistados, o engenheiro precisa ser capaz de compreender como seu conhecimento se insere no mundo à sua volta e situar-se no momento histórico em que vive. Embora acrescentem elementos importantes à formação, aulas de humanidades e ciências sociais não bastam para preencher essa lacuna. Sobretudo se, como visto anteriormente, não for feita a conexão entre o saber técnico-científico da engenharia e os fatores do contexto sócio-ambiental e geopolítico. Em geral, os cursos se contentam em transmitir uma ideia do tipo de problema que o engenheiro enfrentará no mundo do trabalho, considerando quase que exclusivamente um perfil limitado e conservador da atuação do engenheiro, restrita às empresas e à indústria.

O papel do educador é de sensibilizar o estudante para a interpretação das especificidades de cada realidade e em especial da sua própria. Dessa forma, o estudante torna-se capaz de situar o que aprendeu dentro do contexto no qual está inserido enquanto cidadão. Nesse sentido, a pedagogia proposta por Paulo Freire desde a década de 1960, com o seu conceito de leitura do mundo, é uma ferramenta poderosa para os professores.

Um dos maiores pensadores da educação do século XX, Paulo Freire, ao longo dos discursos e livros que compõem a sua obra, propôs uma concepção pedagógica

¹⁴ Ver ZAOUAL, H. 2005. Homo œconomicus ou Homo situs ? Un choix de civilisation. *Finance & the Common Good / Bien commun*, n°22, Jul-Ago, p. 63-72, Genebra, Observatoire de la Finance. A teoria do professor Hassan Zaoual (1951-2011) para o desenvolvimento territorial baseia-se nos sítios simbólicos de pertencimento, definidos como espaços vivos, compostos pelo imaginário compartilhado pelos indivíduos socialmente conectados. Cada sítio é singular e seu comportamento econômico só pode ser decifrado ao se considerar as suas particularidades e sua dinâmica.

radicalmente distinta daquela que domina os centros de instrução programada. Nela, o educador é um profissional do sentido e a escola é um espaço de conhecimento. O professor é coordenador, animador e organizador do trabalho de leitura do mundo, que consiste em aproximar-se da realidade, retirar-lhe o mito e identificar o que é útil através da curiosidade epistemológica do estudante. Segundo Freitas (2008, p. 118):

a curiosidade é concebida por Paulo Freire como necessidade ontológica que caracteriza o processo de criação e recriação da existência humana. Todavia, é quando ultrapassa os limites peculiares do domínio vital que a curiosidade se torna fundante da produção do conhecimento.

A curiosidade epistemológica é o antídoto das certezas. Está ligada ao difícil mas prazeroso ato de estudar, e é própria de uma consciência que investiga e critica a realidade. Ela deve ser estimulada para gerar um ciclo de pesquisas sucessivas, com rigorosidade metódica e sustentada, uma nova informação puxando a próxima. A centelha parte sempre da observação do entorno. Assim se desenvolve o processo de conscientização e é fomentada a autonomia intelectual (FREIRE, 2010).

Embora tenha evitado insistentemente qualquer sistematização de seu pensamento e enrijecimento de suas propostas em dogmas pedagógicos, há uma grande coerência e unidade no conjunto da obra de Paulo Freire, que se materializa na forma de um procedimento de ensino voltado para a apreensão crítica da realidade e a aquisição de liberdade e autonomia de pensar dos indivíduos. Esse processo, a leitura do mundo, começa por um levantamento de temas oriundos dos contextos dos educandos, das necessidades populares e dos projetos de vida de cada um. É a fase da “investigação temática”. O professor em seguida organiza essas informações, confrontando-as entre si e com o acervo do conhecimento de que dispõe: essa etapa é chamada de “tematização”. Por fim, retorna aos educandos com as diferentes problemáticas ligadas a cada tema, no momento da “problematização”. O diálogo aparece para compartilhar o conhecimento e verificar a validade da leitura do mundo. Assim, “o educador não poderá se omitir de, também ele, comunicar *sua* leitura do mundo; tornando claro que não existe uma única leitura possível. Há tantos mundos quanto leituras possíveis dele. Leitura alguma, entretanto, é definitiva, terminal.” (PASSOS, 2008, p. 242)

É preciso incorporar a pedagogia freireana aos cursos de engenharia para desenvolver as capacidades críticas que são requeridas dos engenheiros atualmente. Assim, será fomentada a capacidade de problematização da realidade, que passa longe do pensamento de qualquer engenheiro, muito mais focado na resolução do que

na definição dos problemas. Com efeito, tradicionalmente, transmite-se uma ideia ingênua da prática da engenharia: esta não passaria de um jogo de investigação, deixando ao âmbito empresarial o poder de decisão e gestão da ciência e da tecnologia (GIULIANO, 2010). Os cursos de engenharia não formam os estudantes nas competências intelectuais e linguísticas necessárias para atuar, debater e disputar esses espaços. Tendem a afirmar que os problemas são aprioris e que as soluções técnicas são exclusivamente técnicas. Eliminam assim qualquer reflexão sobre as repercussões sociais, políticas e econômicas, enfim, qualquer aspecto da situação-problema que não possa ser enunciado tecnicamente. É o que se verifica hoje no tratamento do problema ambiental: apesar de haver um aumento da consciência sobre as questões energéticas e o meio ambiente, estes ainda são considerados assuntos à parte dentro do ensino de engenharia e têm até a sua própria especialização. Por isso, perdura um quadro em que existem, de um lado, engenheiros que, por suas ações, têm um impacto ambiental negativo no mundo e, de outro lado, engenheiros que trabalham para corrigir os erros dos primeiros. Não há um pensamento integrado, o que dissipa e dilui os esforços.

Nesse sentido, é preciso elaborar uma reforma profunda da concepção bancária da educação, na qual o aluno apenas recebe passivamente o conteúdo transmitido pelo professor, substituindo-a por uma concepção problematizadora e libertadora. Um primeiro passo para as escolas de engenharia poderia ser dado por meio da organização e fomento de debates e fóruns de discussão sobre temas atuais da profissão assim como problemáticas relevantes do contexto local, regional e também global. Existem algumas ferramentas computacionais que tornam ainda mais fácil a mediação dessas discussões para além da sala de aula, auxiliando professores e estudantes no diálogo para a geração e difusão de conhecimento.

As atividades complementares têm papel fundamental para o desenvolvimento da capacidade de leitura do mundo dos estudantes. Em particular, a extensão universitária desponta atualmente como principal caminho para a aquisição de experiências concretas e socialmente significativas, tornando-se objeto de editais de fomento interministeriais e de políticas de valorização acadêmica. Pelo fato de terem sido preteridas historicamente – apesar da indissociabilidade entre Ensino, Pesquisa e Extensão estar bem afirmada na Constituição de 1988 –, há hoje um grande campo aberto para o desenvolvimento de atividades de extensão, sobretudo na engenharia. Já existem, por exemplo, na POLI/UFRJ, disciplinas de Projeto de Extensão em Engenharia, que valem crédito como Requisitos Curriculares Complementares. Com

frequência, o grande mérito da prática extensionista é aliar metodologias das ciências sociais e metodologias participativas à atuação do engenheiro. Isso fornece ao estudante métodos de raciocínio e compreensão para enxergar, escutar e questionar as estruturas sociais vigentes.

4.4 A CONSTRUÇÃO DO PROJETO PROFISSIONAL

Muitos professores manifestaram a opinião de que os estudantes precisam tomar as rédeas de sua formação e dar a ela os contornos que desejam, seguindo suas aspirações profissionais. Para Tapscott (2009), o modelo de ensino superior baseado na aula magistral, com alunos passivos, caducou e, para manterem-se relevantes, os professores – e as universidades – deverão adotar processos interativos, que estimulem os estudantes a construir o conhecimento de maneira autônoma e crítica, colaborando entre si e com outros atores, adequando seu aprendizado às suas necessidades, ou seja, ao seu projeto pessoal.

Isso equivale a uma personalização do currículo: ensinam-se os instrumentos básicos e o estudante os utiliza para completar sua trajetória. A personalização requer mudanças no planejamento das atividades, considerando que o tempo dedicado a cada disciplina tem incidência direta na concepção que o aluno cria da profissão. Com currículos fechados e totalmente impostos, são formados profissionais com visão restrita de sua atividade, formatados para o atendimento de uma demanda de mercado e não para idealizar inovações.

O professor Luiz Bevilacqua citou o projeto pedagógico do Bacharelado Interdisciplinar da UFABC, da qual foi reitor e de cujas origens e concepção fez parte, como um exemplo recente de formulação inovadora de projeto pedagógico. No currículo da UFABC, as bases científicas compõem 30% da grade e o restante é construído pelo estudante dentre temas específicos e disciplinas abertas com discussões sobre cognição, humanidades, ciências sociais e atualidades. Também há uma drástica diminuição do tempo em sala de aula se comparada com outras escolas de engenharia. O aprendizado se dá fundamentalmente pelo estudo, não pela aula: é instituído um máximo de quatro horas por semana com um professor e 20 horas semanais de aula ao todo. As atividades de iniciação científica são promovidas desde o primeiro ano em laboratórios cooperativos e comunitários dentro da universidade. As bases experimentais científicas são tratadas de forma prática em uma disciplina na qual o aluno recebe uma verba para simplesmente criar algo, assistidos pelos

professores e técnicos, com a apresentação dos trabalhos para a comunidade em seguida. Ao fim, o aluno tem a possibilidade de escolher se quer abrir uma empresa, fazer pesquisa, ou especializar-se em alguma engenharia (BEVILACQUA, 2011).

Essa iniciativa, bastante elogiada dentro e fora do país, se adapta melhor às necessidades de formação de bons engenheiros, com visão interdisciplinar e capacidade de aprendizado autônomo. Ela também dá uma ideia maior ao futuro profissional dos diferentes desembocares possíveis. Com uma abertura maior, o estudante pode fazer escolhas mais embasadas sobre a sua carreira, seja no setor público ou privado, nas organizações não-governamentais, atuando como especialista em questões técnicas ou como gestor, ou até mesmo em carreiras completamente díspares.

Independentemente do caminho seguido pelo estudante, sua formação o conduz a um corpo profissional e social cujas atividades, como já foi dito, têm repercussões sociais e ambientais. Sua atuação profissional será portanto regida por normas, com aplicação mais ou menos rígida. O mundo empresarial e suas instâncias reguladoras – em especial a International Organization for Standardization, responsável pelas normas ISO – já materializaram isso na forma de conceitos como “Responsabilidade Social Empresarial” e “Qualidade, Saúde, Meio Ambiente e Segurança”, com seus respectivos cargos técnicos. Os cursos de graduação também devem assumir um papel na construção do código profissional junto com os futuros engenheiros. Idealmente, isso deveria ser planejado em sintonia com os conselhos regionais de engenharia e os sindicatos. Um arranjo institucional virtuoso entre as instituições de formação, os órgãos governamentais que dispõem sobre os cursos de engenharia e as associações profissionais de engenheiros é a melhor configuração para elaborar, aplicar e monitorar um código de ética e valores. Como indicado nas DCN, uma formação humana que englobe o compromisso social e a preservação ambiental deve ser incluída no projeto pedagógico dos cursos. No entanto,

o perigo é que as ciências humanas sejam tomadas apenas como meio de adquirir competências para a manipulação das realidades humanas a serviço unicamente da produção. [...] Uma abordagem puramente instrumental pode efetivamente dar apenas uma visão mecanicista e determinista da sociedade, contrária à ideia de humanidade. [...] Mede-se assim quão difícil é, no quadro dos dispositivos pedagógicos, responder à demanda de eficácia prática, de transmissão de ferramentas intelectuais e relacionais, e ao mesmo tempo desenvolver uma perspectiva crítica, uma reflexão sobre o sentido (LEMAITRE, 2003, p. 32-34, tradução nossa).

É importante então que o engenheiro saiba lidar com as diferentes pressões sobre seu trabalho, equilibrando compromissos profissionais e sociais com correção técnica. Assim, a formação humana

estimula as evoluções, ao explicar a natureza das disciplinas, suas relações com o projeto de formação, auxiliando a finalizar o trabalho técnico e dar-lhe sentido. Ao contribuir para desenvolver o senso crítico, a formação humana pode ajudar a revelar o sentido humano da técnica (LEMAITRE, 2003, p. 44, tradução nossa).

Novamente, as atividades complementares como iniciação científica, visitas técnicas, projetos de extensão, empresas júnior e estágio – exigência das DCN para os projetos pedagógicos (BRASIL, 2002a, art. 5º) – são as principais oportunidades abertas para o estudante pôr em prática o que aprendeu e experimentar o contato com o mundo profissional. O estágio é a mais tradicional dentre elas. Costuma em alguns casos ser um trampolim para uma contratação ou pelo menos agregar valor ao currículo do futuro engenheiro. Mas não é sempre uma atividade bem-sucedida: o estudante em estágio pode ser pouco (ou mal) aproveitado pelo seu empregador e corre o risco de não aprender nada, entediarse, ou até ser indevidamente utilizado pela empresa (CHAIX, 2006, p. 127). Por essa razão, a supervisão do estágio tem papel fundamental e sua execução deve ser discutida junto ao estudante. Segundo Germinet (1997, p. 94), ela requer cinco elementos canônicos:

- a construção de objetivos e do conteúdo pedagógico em coerência com as disciplinas do aluno, o que exige cooperação entre o supervisor do estágio na escola e o orientador dentro da empresa;
- um espaço para a expressão da personalidade do aluno, segundo suas escolhas e mediante um engajamento maior, como teste da viabilidade de suas aspirações e aptidões;
- um contrato entre escola, empresa e aluno;
- interatividade entre observações empíricas e teoria, procedendo de maneira indutiva através das etapas de observação, experimentação, conceituação e confrontação do que foi vivenciado à teoria;
- uma progressão realizada por meio de diversos períodos de experiência profissional.

As devolutivas são avaliadas em função do conteúdo (resultados, sua pertinência, análises, contribuições...), da forma (apresentação, coerência, suporte...) e do

comportamento (espírito de grupo, participação, coesão...) (GERMINET, 1997, p. 190). Assim, ao fim desse percurso, o aluno terá conhecido a si mesmo, acumulado conhecimento e experimentado uma metodologia de aprendizado profissional aplicada.

No entanto, a articulação entre universidade e empresas no Brasil não é assunto trivial. Se por um lado o estreitamento de laços com o setor privado e com a indústria tem vantagens em termos de verbas para a pesquisa e ofertas de possibilidades de estágio, por outro lado as empresas acabam impondo seus temas e restringindo o potencial da universidade de desenvolver inovações estabelecendo seus próprios rumos de pesquisa. De acordo com B. Santos (2008, p. 79), a comunidade acadêmica não deve perder o controle sobre a agenda de pesquisa científica e as agências públicas de financiamento da pesquisa devem atuar de forma que as universidades ajam em nome de interesses sociais relevantes, para além dos objetivos das empresas. Se a relação entre as escolas de engenharia e o setor privado ficar limitada a contratos financeiros – por meio dos quais as empresas buscam reduzir seus gastos em pesquisa e desenvolvimento e as instituições de ensino tentam suprir carências orçamentárias – é a qualificação para a inovação que será afetada (NEGRI & LEMOS, 2009, p. 6).

A troca entre as universidades e o mundo do trabalho ocorre de maneira mais produtiva por meio da presença de profissionais em atividade no corpo docente das escolas, bem como, reciprocamente, pelas experiências dos estudantes em atividades complementares. Contudo, há uma tendência a priorizar contratações em regime de dedicação exclusiva nas instituições federais de ensino do Brasil, o que diminuiu drasticamente a inserção de temáticas, problemas e situações do cotidiano de profissionais da engenharia nas aulas. Germinet (1997) acredita que a formação para a indústria deve ser concebida com especialistas de empresas para garantir, dentro das escolas, “a interface indispensável entre o mundo da educação e o mundo do trabalho” (p. 39, tradução nossa).

De maneira mais ampla, a “formação para a indústria” proposta por Germinet (1997), embora só considere a possibilidade de atuação dos engenheiros nos meios industrial ou empresarial, oferece uma boa alternativa para incluir mais experiências da prática de engenharia nos currículos. Ela precisa ter todos os atributos do sistema de ensino: conteúdo, progressividade, obrigação de fornecer resultados, um sistema de avaliação apropriado, e diretrizes (direitos e deveres) aprovados por todas as partes envolvidas (GERMINET, 1997, p. 94). O currículo deve acompanhar esse processo e fornecer as

oportunidades de adquirir as competências seguintes: escutar, entender, informar-se, formar-se, praticar, aplicar, concretizar, validar (p. 104). A formação para a indústria, tal como realizada na Ecole des Mines de Nantes, possui 6 etapas (GERMINET, 1997, p. 191):

- uma semana de descoberta empresarial (uma semana em período integral): para provocar um espantamento com a realidade por meio do contato com os diferentes ofícios de um engenheiro confrontado com problemas industriais em situações reais;
- estágio de operário de produção (três meses): permite conhecer a realidade das atividades de produção, compreender a organização do trabalho e suas problemáticas (segurança, comunicação...). O aluno realiza um estudo de caráter sociológico definido por seu supervisor e apresenta um relatório a um júri composto por um membro da indústria e um professor;
- jogo de simulação de empresa (uma semana em período integral): uma oportunidade de compreender o caráter sistêmico da empresa, praticar a tomada de decisões em grupo e perceber os problemas da gestão de restrições no campo industrial;
- pesquisa de campo (três semanas em período integral): diagnóstico dos impactos, estado da arte, projetos e sua capitalização, oportunidades de investimento etc, de uma empresa, com o objetivo de definir soluções e apresentá-las aos tomadores de decisão;
- estágio no exterior (pelo menos três meses): um estudo conveniado com uma instituição estrangeira;
- projeto industrial (seis meses): realização de um projeto dentro de uma empresa, com definição das diretrizes, estudos técnicos, implementação de ferramentas metodológicas, mediação de equipes de estudo e execução, formação dos usuários, planejamento da execução, plano de qualidade.

Segundo Germinet, “o objetivo da formação industrial é passar de um olhar ingênuo do mundo empresarial a um olhar novo e vigilante” (1997, p. 102, tradução nossa). Essa transformação só é possível se o estudante tiver aprendido métodos de observação e de construção do conhecimento apoiados pela experiência:

essa aplicação prática das ciências humanas permite ao aluno lançar mão, em sua análise dos problemas, de um questionamento vigilante, alimentar seu senso crítico sobre os acontecimentos e adotar um procedimento indutivo partindo de fatos ao invés de um raciocínio dedutivo preso a uma teoria (GERMINET, 1997, p. 108, tradução nossa).

As metodologias participativas se destacam nesse ponto, em especial a pesquisa-ação. Segundo Thiollent (2005, p. 176), a pesquisa-ação “facilita a configuração de sistemas técnicos em função das características sociais e humanas de concepção e de uso de tais sistemas” e dá maior efetividade às soluções técnicas, quanto mais implicados em seu desenvolvimento estiverem os usuários diretos. Essa qualidade confere à pesquisa-ação uma importância estratégica no contexto da educação científica e tecnológica e em especial na formação de engenheiros críticos e socialmente responsáveis.

4.5 APRENDIZAGENS ATIVAS

As técnicas de aprendizagem ativa são um recurso que já possui ampla divulgação no meio acadêmico e têm atraído cada vez mais professores de engenharia. Em geral, abrangem duas dimensões: a introdução de atividades em sala de aula e o estímulo do envolvimento dos alunos (PRINCE, 2004). Em aulas “ativas”, os alunos são levados a adotar uma atitude menos passiva na construção de seu conhecimento, colaborando e cooperando entre si. Podem ser apenas dinâmicas que provoquem maior interação com o professor e discussão em sala de aula, como os métodos de “Peer instruction”, “Think-Pair-Share”, “In-class exercise teams”, “Cooperative note-taking pairs”, ou tarefas que mobilizem mais tempo, recursos e organização, como o aprendizado baseado em problemas (PBL) ou orientado por projetos (POL). Os resultados da aplicação desses métodos têm se mostrado bastante positivos na aquisição de conceitos, e de qualidades de relacionamento interpessoal, motivação e autoestima (PRINCE, 2004) e em disciplinas básicas (VILLAS-BOAS & MATTASOGLIO NETO, 2011). No entanto, eles em geral requerem investimentos profundos na capacitação do corpo docente e costumam demandar mais esforço para os professores, num primeiro momento.

Adaptada a um mundo que cada vez mais concebe o trabalho dessa maneira, a pedagogia por projetos “permite, ao mesmo tempo, uma relativa transdisciplinaridade, o confronto dos saberes técnicos com a realidade, o aprendizado de métodos profissionais específicos” (LEMAITRE, 2003, p. 45, tradução nossa). Ela possui as

seguintes características: procedimento, autonomia, responsabilização, motivação, complexidade, cooperação, emancipação ou realização, respeito, funcionalidades e finalidade (RAUCENT *et al.*, 2006, p. 63-64). Inserido em um projeto, o estudante dá sentido a suas ações em função de um objetivo a atingir, toma consciência de seu meio (espacial, cultural, temporal...), aprendendo a geri-lo de maneira responsável, e desenvolve suas capacidades de autonomia, de criatividade, de espírito crítico e de socialização. Segundo Raucent *et al.* (2006, p. 76), dependendo do quadro disciplinar e do tipo de problema pode-se ter projetos com características distintas:

Quadro 12: Características de um projeto (adaptado de Raucent *et al.*, 2006, p. 76).

	Quadro disciplinar	Tipo de problema
Projeto de aplicação	Disciplinar	Fechado
Projeto interdisciplinar	Tema integrador	Semi-aberto
Projeto transdisciplinar	Nova disciplina	Aberto

Raucent *et al.* (2006, p. 67-68) distinguem os projetos conforme a sua finalidade. Os projetos de produção visam realizar um objeto técnico que responda a especificações. Ele permite adquirir a capacidade de avaliar o seu meio e de utilizar de maneira responsável procedimentos e ferramentas, bem como exercer responsabilidades individuais e coletivas, por meio da gestão política inerente ao projeto. O projeto de aquisição faz uso do procedimento da projeção apenas como pretexto para a aquisição de conhecimentos. Assim, ele dá sentido aos conhecimentos disciplinares e desenvolve novas competências intelectuais e/ou científicas transversais, assim como competências interpessoais. O projeto de futuro (“avenir”) aproveita-se da pedagogia por projeto para a formulação de uma realização pessoal, um desenvolvimento pessoal ou uma identidade profissional.

O que falta na concepção atual dos projetos de engenharia é a questão do uso. Existem muitos projetos ditos “de prancheta”, que não se concretizam ou não trazem os resultados esperados por não levar em conta a cognição ou o padrão cultural do usuário. Como afirma Fraysse (2006, p. 236, tradução nossa): “só existe realmente aprendizado quando há implicação pessoal, só há implicação se houver sentido, só há sentido se houver valor de uso, o ‘fazer sentido’ dado pelo indivíduo ao objeto do aprendizado”. Deve-se ainda atentar para a aceitação de um projeto dentro da situação cultural vigente, ao inserir o engenheiro em um contexto para elaborar um

projeto. Ele deve ser capaz de estabelecer um diálogo com os atores daquela realidade, de maneira a melhor integrar seus aportes na solução.

É crucial também promover aulas práticas para tornar concreta a teoria, estimulando a criação e a inventividade, por meio de atividades laboratoriais ou de resolução de problemas do contexto próximo. Segundo Germinet (1997), “é possível aprender tão bem com a aula magistral do que pela experimentação” (p. 56, tradução nossa) e, sobretudo, ao manipular, o aluno tem a “oportunidade de compreender que o engenheiro não pode dar instruções irreais sob pena de ser ilegítimo, incompetente aos olhos daqueles que aplicarão suas diretivas” (p. 59, tradução nossa). Ademais, parece sensato que um profissional que trabalhará com conhecimento aplicado aprenda a aplicar seu conhecimento. Que melhor maneira senão confrontando-o a problemas reais, característicos da ação aplicada ou do seu campo de atuação? É necessário portanto que o estudante de engenharia experimente, ao longo de sua formação, o contato com a prática de sua profissão, propondo a realização de projetos com abordagem “*hands-on*”, e simulando situações que possam ser vivenciadas no mundo do trabalho.

Por fim, a interação, a colaboração e a cooperação são valores que devem ser estimulados em sala de aula. Se considerarmos que as habilidades de cooperação e inovação são correlatas (GIRÉ *et al.*, 2000, p. 70), a concorrência e competição atualmente incentivadas nas escolas de engenharia são portanto métodos contraproducentes.

Todas essas práticas requerem tempo e uma flexibilização das grades horárias: para que os estudantes possam estar física e intelectualmente disponíveis para essas atividades e para que os professores as desenvolvam a contento. Obviamente, isso tudo não prescinde – muito pelo contrário – uma reforma das estruturas curriculares e a aquisição de novas ferramentas didáticas.

4.6 A FORMAÇÃO DOCENTE

O docente de engenharia tem um papel central na aplicação de todas as propostas já citadas. É ele o “gestor das relações com o saber” (JOHSUA & DUPIN, 2003, p. 5, tradução nossa), intérprete do currículo e agente do projeto pedagógico. Mas a estrutura didática também sofre imposições institucionais como o tempo alocado a cada disciplina, a existência ou não de programas e provas nacionais, a relação com

outras disciplinas etc., bem como imposições sociais mais gerais, manifestadas em particular pelo olhar da sociedade e dos especialistas de cada disciplina e pelas expectativas do mundo do trabalho. Isso explica em parte porque alguns professores indicam que sua prática pedagógica destoa fortemente de seu ideal de educação (LEMAITRE, 2003, p. 36).

Assim mesmo, Johsua e Dupin (2003) sugerem que a relação de ensino-aprendizado estabelecida entre aluno e professor em torno de determinado saber é regida por um contrato didático próprio que demonstra certa autonomia com relação ao mundo exterior:

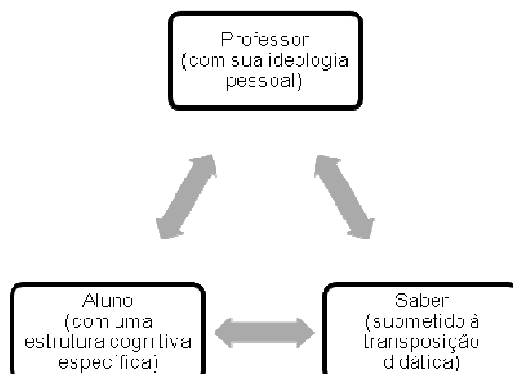


Figura 7: O contrato didático (JOHSUA & DUPIN, 2003, p. 7).

Como o aluno, o professor dispõe de uma margem de manobra para imprimir uma orientação pessoal na construção do conhecimento em sala de aula. No entanto, para ser capaz de conduzir esse processo e propor atividades que desencadeiem a aquisição de competências, habilidades e atitudes novas, o professor deve considerar aspectos didáticos das ciências. Johsua e Dupin (2003) propõem um núcleo comum de hipóteses cognitivas para a didática das ciências:

- a. O sujeito constroi seus conhecimentos por uma interação ativa com seu ambiente físico e social. Isso significa ao mesmo tempo em que os conhecimentos não se empilham uns sobre os outros (eles são estruturados) e que não são um simples reflexo da estrutura objetiva dos objetos externos.
- b. O comportamento observável do sujeito frente a uma situação-problema científica é determinado pelo tipo de conhecimentos do sujeito nesse campo e pela sua estruturação. Nesse quadro, e no que diz respeito a áreas altamente complexas como as ciências ou a matemática, o conteúdo específico desses conhecimentos bem como seu modo específico de organização são determinantes nos procedimentos observáveis seguidos pelo sujeito; eles condicionam a aplicação de procedimentos gerais não-específicos (de natureza lógica por exemplo), que têm, além disso, seu próprio nível de organização.

c. A produção de um sujeito não depende unicamente da estrutura interna de seus conhecimentos, mas também do tipo específico de situação-problema que lhe é submetido, e portanto da estrutura epistemológica própria aos conceitos e relações implicadas, bem como seus significados.

d. Os objetos conceituais visados pela didática das ciências – mesmo apurados para atenderem às necessidades da análise teórica – são objetos complexos que não se deixam facilmente reduzir em esquemas comportamentais ou cognitivos básicos (p. 115, tradução nossa).

Dessa forma, são reforçados os temas aqui tratados: o conhecimento matemático e científico é complexo por natureza; seu aprendizado requer uma abordagem multifacetada e adequada às demandas de situações ou problemas reais; a apreensão desses fenômenos é individual, condicionada pela conjunção entre a estrutura cognitiva prévia do aluno, seus anseios e a abordagem pedagógica do professor. A comunicação entre docente e discente não é determinista, movida por simples relações de causa e efeito.

De acordo com a professora Lueny Morell da Universidade de Puerto Rico, existem cinco fatores que influenciam o aprendizado do aluno: o que ele sabe, sua história de vida, sua motivação, seu estilo de aprendizagem e o estilo de ensino do professor (MORELL, 2011). Apenas o último é controlado pelo professor. Deve haver, contudo, um paralelismo entre a configuração cognitiva do emissor e do receptor. É preciso então que os docentes conheçam a diversidade de perfis de aluno diferentes e que descubram que tipo de professor são, que tipo de aula ministram e que tipo de estudante estão conseguindo tocar, tomando consciência dos estilos de aprendizado e seus estilos de ensino correspondentes, apresentados no quadro abaixo:

Quadro 13: Dimensões de estilos de aprendizagem e ensino (adaptado de FELDER & SILVERMAN, 1988).

<i>Estilo de aprendizagem preferido</i>		<i>Estilo de ensino correspondente</i>	
Sensorial	} Percepção	Concreto	} Conteúdo
Intuitiva		Abstrato	
Visual	} Aquisição	Visual	} Apresentação
Auditiva		Verbal	
Indutiva	} Organização	Indutiva	} Organização
Dedutiva		Dedutiva	
Ativo	} Processamento	Ativa	} Participação do aluno
Reflexivo		Passiva	
Sequencial	} Compreensão	Sequencial	} Perspectiva
Global		Global	

Havendo incompatibilidades entre os estilos, os alunos podem sentir-se desestimulados – ao ponto de, em alguns casos, desistirem da carreira – e os professores podem reagir aos maus resultados de suas práticas de ensino punindo suas turmas (piorando as coisas) ou suspeitando de suas habilidades, por vezes até duvidando de sua escolha profissional (FELDER & SILVERMAN, 1988, p. 1). Os professores devem tomar conhecimento da diversidade de estilos de aprendizado e ter à sua disposição um repertório variado de recursos didáticos para estabelecer condições propícias em sala de aula¹⁵. Embora haja um grande número de combinações possíveis dos parâmetros de aprendizado, basta que o professor aumente seu leque de técnicas de ensino para contemplar um grande número de alunos: com efeito, a maioria dos estudantes de engenharia têm percepção sensorial, respondem a estímulos visuais, organizam o conhecimento de forma indutiva, processam a informação de forma ativa e, no caso dos alunos mais criativos, têm uma compreensão global dos assuntos apresentados (FELDER & SILVERMAN, 1988, p. 9).

É preciso portanto investir na formação dos professores, lutando contra o conservadorismo que tende a engessar as práticas docentes. É um disparate pensar

¹⁵ O artigo de Felder e Silverman (1988) descreve as características dos estilos de aprendizagem e indica técnicas de ensino para abordar cada um deles. É possível ainda realizar um teste *online* para identificar o seu próprio estilo de aprendizagem na página: <http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html>.

que não são necessários conhecimentos pedagógicos para o ensino de engenharia e, no entanto, na prática, não são fornecidas muitas oportunidades acadêmicas para o treinamento dos futuros professores. Nesse sentido, seria altamente benéfico que houvesse programas de mestrado e doutorado com foco, ou pelos menos pitadas, de educação em engenharia, promovendo a discussão e a geração de conhecimento sobre o tema. Como proposto por Sacristán (2000), esses programas de formação devem estimular a reflexão sobre

a substantividade e ordenação dos *conteúdos* do currículo, a configuração das *atividades* mais adequadas para lograr o que se pretende e a capacidade de realizar esse planos dentro de determinadas *condições* de espaço, tempo, dotação de recursos, estrutura organizativa etc., sem que isso signifique uma atividade de acomodação às mesmas, mas sim que as leve em consideração (p. 297).

Desses três pilares – conteúdo, atividades e condições – resulta um planejamento formal e uma estruturação pedagógica, com definição das tarefas docentes e discentes. A pedagogia deve fornecer condições e meios para que o estudante coloque em prática seus conhecimentos nos seus contextos profissionais futuros. Assim, o trabalho autônomo e a leitura precisam ser incentivados, o que requer uma reflexão sobre os termos do contrato didático e uma revisão dos tempos de ensino. Todavia, com novas metodologias de ensino, sobretudo as permitidas pelas novas tecnologias da informação e comunicação, é possível diminuir o tempo em sala de aula.

Os jovens professores, se não forem estimulados a fazer diferente, tendem a reproduzir as práticas docentes a que foram submetidos. É preciso realizar um movimento duplo junto a eles: promover oficinas internas para a troca de experiências e incentivá-los a realizar atividades que contribuam para aprimorar a sua prática docente.

4.7 OS SABERES PARA UMA NOVA ENGENHARIA

De acordo com Germinet (1997, p. 23-25), esse é o perfil que atende às exigências requeridas pela indústria: equilíbrio entre formação generalista e especialização (mentalidade aberta), capacidade de observar e apreender o real pelo olhar e pela escuta (autonomia de aprendizado e adaptação do conhecimento), e conceituação teórica e prática. Em relato sobre o Primeiro Colóquio Internacional de Epistemologia e

Educação em Engenharia, realizado em 2005 no Rio de Janeiro, Silveira & Araújo (2005, p. 8) indicam uma lista de novas competências para o engenheiro que inclui:

trabalhar em equipe, comunicar-se eficientemente (o que depende da cultura e da capacidade de diálogo – entender o ponto de vista do outro, principalmente por parte daquele que gerencia projetos), sincronizar/coordenar/fazer cooperar equipamentos, sistemas e equipes e tomar decisões.

Assim, frente às exigências técnicas do mundo do trabalho, ao aumento de severidade das restrições ambientais, e às cada vez mais urgentes demandas sociais, torna-se evidente a natureza interdisciplinar do trabalho do engenheiro. Sua função é, primordialmente, integrar as mais diversas variáveis atribuindo-lhes os valores adequados, e conceber artefatos e sistemas que acarretem melhorias nas cadeias produtivas e benfeitorias para as populações humanas, sempre atentos aos impactos de suas ações.

As escolas devem saber lidar com a complexidade intrínseca da “nova epistemologia dos engenheiros”, isto é, conceitos, métodos, modelos e exemplos que questionem e abram a mente ao ‘saber-conectar’, à interdisciplinaridade e até, mais fundamentalmente, à transdisciplinaridade” (GIRE *et al.*, 2000, p. 99, tradução nossa). Na França por exemplo, a formação geral focaliza apenas as habilidades necessárias para a plena adaptação à realidade do mundo empresarial: aprendizado de línguas, comunicação, economia e marketing. As formações politécnicas, no entanto, têm uma tradição de ensino que abrange outras abordagens para a preparação dos profissionais: cultura geral, filosofia, iniciação à arte, geopolítica, sociodrama aplicado a empresas, desenvolvimento pessoal, conhecimentos sobre o mundo corporativo, projetos de extensão, etc. (DIDIER, 2008a, p. 105).

As atividades complementares também abrem o futuro engenheiro à alteridade, ao contato com o outro, com o diferente. Quando atua em projetos de extensão por exemplo, o estudante descobre algumas facetas da diversidade cultural do país e torna-se mais sensível a realidades distintas da sua. Desenvolve assim a sua empatia, isto é, a capacidade de colocar-se no lugar do outro e perceber aquilo que está sentindo. Isso possibilita ao profissional técnico elaborar soluções muito mais plausíveis em termos de aplicação e adequação sociotécnica.

As metodologias participativas têm papel fundamental para despertar a empatia nos engenheiros e, em particular a pesquisa-ação. A pesquisa-ação, já bem situada nos campos da educação, organização, serviço social, saúde coletiva, extensão rural e comunicação, também passou a ser aplicada, a partir da década de 1990, “nas áreas

técnicas, em particular quando há forte interação entre o técnico e o social” (THIOLLENT, 2005, p. 176). Segundo B. Santos (2008, p. 68),

a pesquisa-ação consiste na definição e execução participativa de projetos de pesquisa, envolvendo as comunidades e organizações sociais populares a braços com problemas cuja solução pode beneficiar dos resultados da pesquisa. Os interesses sociais são articulados com os interesses científicos dos pesquisadores e a produção do conhecimento científico ocorre assim estreitamente ligada à satisfação de necessidades dos grupos sociais que não têm poder para pôr o conhecimento técnico e especializado ao seu serviço pela via mercantil.

Dessa forma, vivências ligadas à pesquisa-ação promovem uma ampliação das competências e habilidades dos engenheiros, para além das questões técnicas, sempre a partir de experiências práticas e contextualizadas de resolução de problemas, e agregando assim valores indispensáveis para uma atuação profissional socialmente responsável, ética e cidadã.

Dentro do meio universitário, se adotada como instrumento de ensino e metodologia de pesquisa em atividades de extensão, a pesquisa-ação constitui uma verdadeira estratégia para a formação crítica dos engenheiros, por aliar o enorme arsenal de heurísticas teóricas dos alunos ao desenvolvimento de suas capacidades de problematização das situações reais. Ela permite ao futuro engenheiro reconciliar as dicotomias atualmente verificadas na educação científica e tecnológica. Assim, é possível conceber uma renovação na atuação dos profissionais de engenharia, na qual teoria e prática se complementem, o saber técnico não seja destituído de valores, a arrogância do especialista seja apagada permitindo que trabalhe ao encontro da sociedade, uma verdadeira abordagem interdisciplinar da realidade ocorra, e racionalidade e criatividade se associem na busca por soluções melhores para os problemas atuais. Segundo a sua definição, a pesquisa-ação busca atingir objetivos práticos, de conhecimento ou até de conscientização (THIOLLENT, 1988). Com isso, pode ser uma alternativa para a tensão entre pragmatismo e sensibilização na educação científica e tecnológica.

Ao analisar as suas experiências em projetos de extensão universitária em engenharia, Tygel et al. (2010, p. 6) defendem que

o aspecto principal para a consolidação de novas tecnologias que apoiem a construção de uma sociedade mais justa e igualitária é a coletivização de seu processo de produção e da sua gestão. Nossa tese é que a efetiva transformação do modelo tecnológico vigente passa pelo envolvimento, desde o início da construção tecnológica, dos atores que irão utilizá-la e/ou que serão impactados por suas aplicações.

Como afirmam Johsua e Dupin (2003, p. 33, tradução nossa), “a ciência em seu processo de elaboração é o contrário do dogmatismo. Ela evolui permanentemente, contestando as verdades de ontem. Não seria contraditório fornecer uma formação científica que deixe de lado esse aspecto tão importante?”. Assim, a construção do conhecimento científico está baseada na capacidade de diálogo, na consciência crítica que, na acepção freireana,

caracteriza-se pela profundidade com que interpreta os problemas e pelo engajamento sociopolítico. [...] A consciência crítica caracteriza-se ainda pelo pensar autônomo e comprometido que leva ao engajamento. Mas ela jamais é sectária, ao contrário, quanto mais crítica, mais democrática e dialógica é a consciência. [...] Ela tem a pré-disposição para rever sua posição e se dá conta dos pré-conceitos que deformam as interpretações. A responsabilidade pelos seus atos, a atitude argumentativa dialógica e a receptividade diante do novo são características suas (KRONBAUER, 2008).

A contribuição de Dagnino (2005), inspirado por Feenberg (1991), cabível para uma análise da formação em engenharia, sugere a existência de quatro tipos científico-tecnológicos: os instrumentalistas, os deterministas, os substantivistas, e os críticos. Os instrumentalistas, tipo que mais se adequa aos cursos de engenharia, creem numa visão neutra da ciência e da tecnologia, distinguindo teoria de prática, saberes de valores, ciência e tecnologia das humanidades, especialistas de leigos e racionalidade de criatividade. Entretanto, sustentam que o desenvolvimento científico e tecnológico é a ferramenta que o homem controla para satisfazer suas necessidades. Segundo essa perspectiva claramente positivista, os avanços da ciência e da tecnologia são os instrumentos do progresso e ocorrem de maneira alheia a qualquer consideração valorativa, sendo transponíveis e adaptáveis a qualquer contexto. Por outro lado, para os críticos, a tecnologia é pensada como um suporte ou uma moldura para diferentes modos de vida. Sua contribuição à sociedade é determinada pela ação tencionada, pelos mecanismos estabelecidos para o seu controle e pelos valores dos seus agentes. Esse tipo científico-tecnológico consegue reconciliar os dualismos cartesianos entre Ser e Pensar, e entre Práxis e Teoria, apontados por Horkheimer (1980) como característicos da Teoria Convencional – em oposição à Teoria Crítica – e que levaram à separação entre valor e ciência. Em consonância com a proposta de Horkheimer para a Teoria Crítica, o tipo científico-tecnológico crítico considera a sociedade como objeto de pesquisa, seu juízo teórico passa pela práxis social e por meio dela se desenvolve. Como visto, a formação em engenharia ainda não apresenta em seus currículos uma proposta que englobe uma visão de tipo crítico.

Faria (2007) aponta seis categorias analíticas para o pensamento crítico: contradições, ideologia dominante, racionalidades dominantes, contexto social histórico, emancipação e conscientização individual e coletiva. Para o autor, a contradição é um parâmetro intrínseco do real, ou seja, “os fatos se transformam” (p. 5); a razão é turvada por ilusões ideológicas voltadas para o aprisionamento dos indivíduos em compreensões fragmentadas da realidade; e racionalidades são impostas para manter, propagar e aprofundar estas visões partidas e conservar a distribuição de poder. Mas a análise de fatos sociais é ela mesma variável no tempo e a emancipação – ou seja, a autonomia do indivíduo e da sociedade para criar sua própria história – só é possível pelo esclarecimento, que “rompe os limites do conhecimento existente” (p. 6) e torna possível uma conscientização individual e coletiva. Para que o engenheiro atue de maneira mais crítica é preciso que ele se mantenha permanentemente vigilante e atento a esses critérios.

Com a divisão do trabalho e a diluição das responsabilidades no mundo organizacional, os engenheiros tendem a perder o contato com o sentido e as finalidades de sua ação. Didier (2008b, p. 29) intui que existe uma obrigação moral para que os engenheiros não sejam indiferentes aos objetivos finais da obra coletiva à qual participam.

O ensino de ciências humanas tem papel fundamental no desenvolvimento de uma cultura e de uma consciência ética, porém enfrenta o relativismo de valores que caracteriza a sociedade atual. Com efeito, o olhar ético só faz sentido se for colocado como objetivo final, fundamento regulador do conjunto de ações (LEMAITRE, 2003, p. 88). Somente assim será possível que cumpra sua função de “iluminar o que há de humano na técnica, inclusive de forma negativa, isto é, as sombras, os perigos e as heranças nefastas da história” (p. 96, tradução nossa). Por isso, as escolas de engenharia são locais privilegiados para a reflexão e proposição de mudanças dos sistemas de concepção de produtos e dos modelos de comunicação e organização.

Para tanto, a própria distinção feita entre “os sistemas da engenharia” e as ciências humanas não pode permanecer, pois é prejudicial a ambos os campos do conhecimento. É preciso operar uma reconciliação entre as diferentes formações e indicar como estas se complementam e formam uma teia complexa de potencialidades sociais. Santos e Mortimer (2001) afirmam que os cidadãos precisam desenvolver sua capacidade de julgar, a fim de participar de um debate público na busca de soluções de interesse coletivo. Os autores distinguem dois tipos de juízo: o crítico, referente à faculdade de julgar leis e princípios universais, como os direitos humanos; e o político,

ligado ao julgamento para a tomada de decisão frente à uma situação particular. A educação desses juízos é, fundamentalmente, uma educação para a discussão. Associada a uma formação em valores éticos, tem-se a educação para a tomada de decisão socialmente responsável.

No entanto, a reflexão ética não faz parte ainda da cultura profissional e nem mesmo da vida acadêmica. Sua associação à prática profissional é vista com espanto, seus fundamentos e métodos são questionados, e alguns até duvidam da necessidade de uma formação específica nesse sentido. Isso se deve em parte à tradicional adoção de uma visão pretensamente neutra da ciência e da tecnologia e em parte à ausência de perspectivas de carreira para acadêmicos híbridos que estudem questões CTS, por exemplo. Assim, é difícil classificar, avaliar e valorizar assuntos e pesquisas interdisciplinares e faltam veículos para a sua divulgação.

As únicas evoluções em termos de institucionalização da formação ética nas escolas dependeram não apenas de aportes em recursos humanos – ou seja, a contratação de professores versados nas implicações humanas e sociais da ciência e da tecnologia, um perfil ainda bastante raro e atípico – mas sobretudo da pressão exercida pelos organismos reguladores dos conteúdos das formações. Em Grenoble, na França, o INPG criou um grupo de estudos em “Ética e grandes projetos tecnológicos” que reúne cientistas, sociólogos, filósofos e homens políticos. Regularmente são organizadas mesas-redondas sobre o tema “Desenvolver a tecnologia para quê? Para quem?”. Esse grupo também publica textos na revista do Instituto (DIDIER, 2008a, p. 113). Em Portugal, até mesmo a Ordem dos Engenheiros, que regula e habilita a utilização legal dos títulos profissionais, se incumbiu recentemente de cobrar às escolas o estímulo e promoção de uma consciência das implicações éticas e sociais do trabalho dos engenheiros e das suas responsabilidades frente a problemas de segurança, saúde e meio-ambiente (DIDIER, 2008a, p. 117). Existem igualmente disciplinas que trabalham conteúdos éticos em diversos cursos nos E.U.A., na França e em outros países, por meio do estudo de casos emblemáticos.

Os engenheiros não precisam tornar-se especialistas em ética ou saúde pública, mas têm a obrigação moral de não serem ignorantes quanto aos debates sobre as grandes controvérsias ligadas à sua atividade e profissão. Deveriam, inclusive, ser os mais bem informados. Como afirma Didier (2008b, p. 28, tradução nossa): “mais do que qualquer outro membro da sociedade, espera-se que os engenheiros sejam cidadãos da ‘democracia técnica’”. Por isso, a autora sugere que eles se façam as seguintes perguntas: “os *stakeholders* estão devidamente informados? Quais os benefícios

sociais com relação aos custos sociais provocados? A repartição dos riscos é justa?” (2008b, p. 29, tradução nossa). Assim, a integração dos novos saberes do engenheiro está associada a questões de cunho ético que deveriam nortear suas análises, mesmo se não é sempre possível optar pelas decisões “éticas”.

A autonomia é proposta aqui como resultado da convergência entre esses quatro saberes fundamentais: a complexidade, a empatia, o senso crítico e a ética. Apreendendo a complexidade dos problemas de engenharia, abrindo-se a outras culturas, indivíduos e grupos sociais, apurando seu senso crítico para enxergar o mundo, e baseando suas observações em um código de valores éticos, o engenheiro constroi sua autonomia e torna-se capaz de agir e pensar por si próprio. Conforme afirmam Bigand *et al.* (2006, p. 39), para o engenheiro, a formação deve contribuir para a aquisição progressiva da autonomia profissional (encontrar seu lugar na comunidade profissional) e pessoal (fundar seu projeto de vida sobre exigências éticas). Os autores definem a autonomia como

um dever que responde à vocação do ser humano de atualizar suas potencialidades e dar sentido à sua vida. [...] Ela consiste em escolher suas próprias leis em interdependência com um sistema social que comporta outros sujeitos, regras e leis. [...] Ela requer um procedimento de projeção (atitude em que o sujeito funda seu dever na exteriorização de um sistema de valores autofinalizados) em oposição à adaptação (interiorização de regras, valores, procedimentos heterofinalizados). [...] Ela é construída pela elaboração de capacidades que a permitam agir, existir, aprender, transformar-se em formas cada vez mais variadas e complexas (BIGAND *et al.*, 2006, p. 38-39, tradução nossa).

A educação científica e tecnológica precisa preparar o profissional da engenharia a ser o ponto de convergência de diversos interesses, valores, saberes e disciplinas. Deve afiar seu senso crítico de modo que ele reconheça os conflitos nos quais sua atividade está inserida, sensibilizá-lo ao teor eminentemente ético de suas decisões e estimular nele a capacidade de dialogar com o outro, colocando-se em seu lugar. Tal é o desafio para uma renovação da formação em engenharia, conforme ilustrado na figura abaixo. Somente assim será possível formar profissionais autônomos, capazes de criar e inovar e, quem sabe, com algum poder de transformação das estruturas sociais nas quais atuarão.

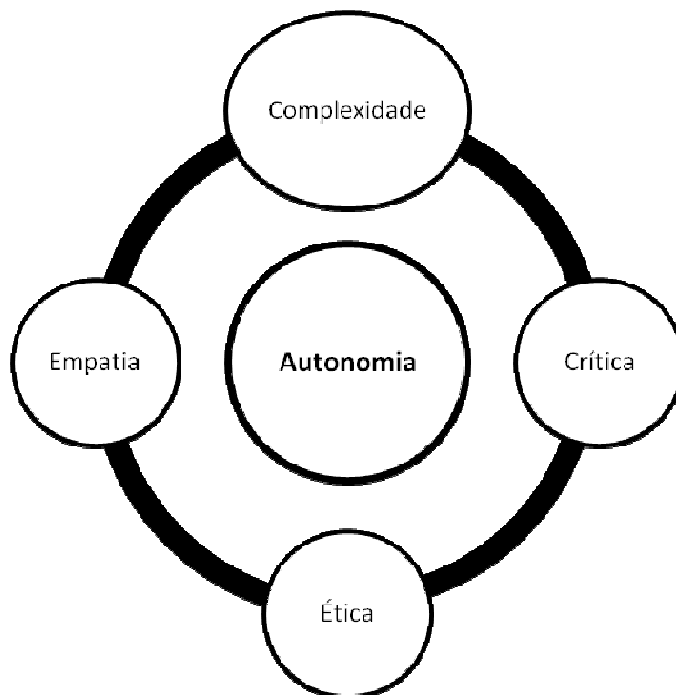


Figura 8: Os saberes para uma nova engenharia.

O desenvolvimento da criatividade – tomada aqui como principal fator de inovação e motor para a mudança das estruturas sociais – está fortemente baseado na aquisição de autonomia do futuro engenheiro, que por sua vez é proporcionada através do contato com situações de introspecção, questionamento, observação, abertura ao outro, distanciamento crítico e vigilância ética. Assim, o estudante de engenharia deve acostumar-se à liberdade intelectual, a um sistema de analogias que não corresponde ao aprendizado científico e técnico tradicional, baseado na capacidade de execução de tarefas. Conhecer campos não-científicos nos quais se manifestam a sensibilidade, a imaginação, e a complexidade das relações humanas, permite encontrar e praticar exemplos dessas analogias, dentre os quais a criação artística é o melhor (LEMAITRE, 2003, p. 75). A arte, que já esteve muito mais próxima da prática da engenharia, é um vetor transversal, interdisciplinar e criativo privilegiado para criar e fazer ou, como convem dizer hoje, inovar.

Dessa forma, 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.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não apenas a questão do relacionamento entre prática competente e conhecimento profissional precisa ser posta de cabeça para baixo. Da mesma forma como deveríamos investigar as manifestações do talento artístico profissional, também deveríamos examinar as várias maneiras através das quais as pessoas o adquirem.

Donald A. Schön, *Educando o profissional reflexivo*.

Quaisquer que sejam as definições dos desafios do século XXI, os engenheiros, enquanto profissionais do *ingenium*, do saber-conectar, estão envolvidos na sua resolução. De suas ações decorrem repercussões diretas para os seres humanos e para as condições de vida dos biomas da Terra. Para agirem com responsabilidade, devem entender esse papel e construir o código de ética de sua atuação ao longo de suas experiências acadêmicas e profissionais, reconhecendo seu alcance nos contextos locais, regionais, nacionais e até globais. Só assim poderão realizar inovações tecnológicas e sociais de fato.

No entanto, o próprio setor produtivo que contrata os engenheiros apresenta entraves para a inovação: salvo exceções, as empresas brasileiras buscam engenheiros para operar dentro de normas já estabelecidas e de processos bem definidos. O mundo do trabalho anseia por profissionais que se encaixem em seus padrões e que obedeçam a cartilhas gerenciais bem conhecidas, dentro de projetos organizacionais antiquados, baseados em princípios de competitividade e hierarquias, que colocam a eficiência produtiva acima dos valores éticos, sociais e humanos.

A formação dos engenheiros acompanha essa tendência, já que não se preocupa mais em despertar nos engenheiros o senso crítico necessário para problematizar as situações da realidade complexa em que deverão atuar. Nos currículos, existe pouco espaço para proporcionar oportunidades de confronto com as implicações sociais dos problemas de engenharia. Os alunos adquirem apenas as competências necessárias para apresentar soluções técnicas e para se adequar às empresas que os contratam, sem desenvolver a capacidade de repensar essas instituições e seus aprioris. Mas, segundo Giré *et al.* (2000, p. 97), o “saber-ser” – cujo sentido reside nas qualidades de escuta e comunicação, abertura de espírito e criatividade, modéstia e dúvida, ética e responsabilidade – aparece hoje como fortemente necessário no cenário de crise de fé no progresso econômico-técnico-científico do paradigma contemporâneo, baseado na

racionalidade cartesiana, no positivismo e no modelo dominante da economia de mercado.

Em geral, as formações universitárias, ou de maneira ainda mais abrangente, a educação, devem formar, em todos os campos, pessoas que reconheçam a necessidade de atuar dentro de seu próprio contexto, com o objetivo de nele sentirem-se inseridas e regenerá-lo, renovando assim o próprio exercício da sua profissão. Como afirma Lederman (1997, p. 142, tradução nossa), “um bom ensino científico leva em conta a matemática, demonstra sua utilidade e, apoiando-se em vários exemplos, a aplicabilidade da ciência na vida cotidiana do aluno e da comunidade”.

A pesquisa aqui apresentada fez um levantamento do estado atual das formações em engenharia no Brasil, partindo de olhares dos seus egressos e dos seus professores, assim como das contribuições dos principais fóruns de discussão da educação em engenharia no Brasil. Também foram analisadas referências de outros países para subsidiar as reflexões com sugestões de reformas. Desse conjunto de informações, algumas conclusões se destacam.

A normalização da formação em engenharia no Brasil é assunto complexo já que os cursos possuem múltiplos formatos e habilitações, a atuação do engenheiro é extremamente versátil, e as repercussões de suas ações trazem muitas vezes consequências para grandes populações e territórios. Nesse sentido, a construção do projeto pedagógico dos cursos tem papel fundamental, pois é o instrumento pelo qual as escolas definem o perfil do profissional que irão formar e os meios pedagógicos para atingi-lo. É também pelo projeto pedagógico que pode ser monitorada a qualidade da formação dos engenheiros e implementadas as suas reformas.

As conclusões de Fraga (2007) e Dwek (2008) de que a proporção de disciplinas com ênfase em aspectos técnicos é desmedida foram confirmadas nas diferentes etapas da pesquisa, assim como a visão distorcida do fazer científico e tecnológico como uma práxis desprovida de contextualização social. Quando os cursos abordam a aplicação prática dos conceitos por ele transmitidos, os aspectos técnicos são ensinados de forma instrumental, como ferramentas cujo único campo de utilização é a indústria. Até mesmo dentro da definição clássica da engenharia como *problem setting and solving*, os cursos tendem a favorecer o ensino de heurísticas para resolução de problemas técnicos, em detrimento do ensino da capacidade de problematização. As disciplinas técnicas são ministradas sem qualquer conteúdo crítico e reproduzem a ideologia hegemônica, dispensando debates ou questionamentos quanto à validade destes

padrões. Pelo conteúdo da estrutura curricular que propõem, os cursos de engenharia transmitem uma visão fechada, monolítica – no sentido de não relacionar a sua prática a outros aspectos que não os técnicos – e determinista da ciência e da tecnologia.

A ruptura com esse modelo é possível e necessária. Como afirma Morin:

as mentes formadas pelas disciplinas perdem suas aptidões naturais para contextualizar os saberes, do mesmo modo que para integrá-los em seus conjuntos naturais. O enfraquecimento da percepção do global conduz ao enfraquecimento da responsabilidade (cada qual tende a ser responsável apenas por sua tarefa especializada), assim como ao enfraquecimento da solidariedade (cada qual não mais sente os vínculos com seus concidadãos) (MORIN, 2000, p. 40-41).

São propostos sete temas para nortear futuras pesquisas com o objetivo de renovar a formação em engenharia: a questão da disciplinaridade, a relação entre ciência básica e técnica de engenharia, a leitura do mundo, a construção do projeto profissional, as aprendizagens ativas, a reflexão sobre a formação docente, e os saberes de uma nova engenharia. É preciso portanto estudar maneiras de lidar com a disciplinaridade de forma a garantir um entendimento tanto das minúcias técnicas indispensáveis ao exercício da engenharia como uma apreensão global da realidade e dos problemas que se apresentam ao engenheiro. Isso tem implicações curriculares e pedagógicas para a concepção dos cursos: os ciclos básicos, nos quais se ensina grande quantidade de conteúdos científicos antes de observar qualquer aplicação prática desse conhecimento, precisam ser revistos. Eles costumam desestimular os estudantes e transmitir uma visão fragmentada do pensamento engenheiral. Nesse sentido, a pedagogia freireana é uma alternativa a ser considerada, pois coloca o educando como sujeito de sua formação. Assim, é o futuro engenheiro que deve buscar os elementos que comporão seu percurso pessoal e profissional, o que requer a implantação de currículos mais flexíveis e abertos do que os observados no Brasil. As aprendizagens ativas, em particular o ensino baseado em projetos, também são ferramentas que devem ser incorporadas cada vez mais ao ensino de engenharia, evitando a passividade em sala de aula e valorizando o trabalho pessoal e o empenho dos estudantes. Além disso, é necessário investir na sensibilização e capacitação dos professores de engenharia em matéria de pedagogia. Para tanto, é preciso, mais do que nunca, que a atividade docente seja objeto de discussão ampla e sincera, com engajamento de todos os setores da sociedade na sua valorização. Só assim será possível operar uma reformulação dos currículos e agregar novos saberes e práticas à educação em engenharia. Não é *tabula rasa* que se propõe, e sim uma ampliação da formação tal como é concebida hoje: mais conteúdo e pedagogias adaptadas, um

contrato de ensino-aprendizagem bem definido junto ao estudante, e professores com mais bem preparados.

Contudo, a renovação da formação em engenharia de modo a agregar esses novos saberes requer mudanças profundas na concepção do papel dos alunos, dos professores e até das universidades. A crítica de M. Santos (2008, p. 24) procede:

em nome do cientificismo, comportamentos pragmáticos e raciocínios técnicos [...] são impostos e premiados, [...] empurrando-se mesmo os melhores espíritos para a pesquisa espasmódica, estatisticamente rentável [...] enquanto o saber verdadeiro não encontra canais de expressão.

Mas, como o mesmo autor diria mais adiante, “ciência, tecnologia e informação são a base técnica da vida social atual – e é desse modo que devem participar das construções epistemológicas renovadoras das disciplinas históricas” (SANTOS, 2008, p. 40). De fato, vivemos um tempo de potencial comunicativo virtualmente ilimitado mas ainda subaproveitado. São condições propícias à reformulação de currículos e atualização de métodos didáticos. De posse de uma gama maior de estilos de ensino, os docentes poderiam desenvolver novas práticas de avaliação, otimizando o tempo em sala de aula. Surgem novas metodologias assistidas pelas tecnologias de informação e comunicação que liberam alunos e professores para o estudo e devem portanto ser exploradas.

Do mesmo modo, a introdução de novos conteúdos aos cursos também deve ser considerada. A questão das humanidades na formação do engenheiro tem papel fundamental e permanece um campo de investigação aberto. Lemaître (2003) indica que pode

tratar-se de tornar mais humano o engenheiro para que ele melhore onde quer que esteja a qualidade da comunicação entre os seres, para que permita a compreensão dos mecanismos culturais, técnicos, econômicos e sociais que determinam nossas ações, e para que saiba recolocar a finalidade humana da sua atividade. Pode tratar-se também de humanizar o mundo à sua volta para responder à insatisfação e às angústias geradas pela dominação da técnica e restaurar um sentido coletivo à atuação (LEMAITRE, 2003, p. 85, tradução nossa).

Mas, para Lemaître – e para os professores de engenharia em geral, de todo tipo de disciplina –, esse ideal humanista é, sobretudo, dificilmente conciliado com a noção de progresso técnico que predomina nas motivações das escolas de engenharia. Com isso, acaba sendo muitas vezes descartado como outra ideologia qualquer. Ao mesmo tempo, cabe a pergunta: de que servem as disciplinas de estudos sociais da ciência e da tecnologia, e em especial a ética, se os ingressantes dos cursos de engenharia

ainda forem selecionados com base apenas nas suas competências técnicas? É preciso então uma política de ensino mais voltada a questões sociais, desde a base.

Por enquanto, são as atividades acadêmicas complementares que despontam como base para a fundação de um aprendizado pela prática, contextualizado e adequado às aspirações diversas dos estudantes. Contudo, permanecem pouco valorizadas e seu potencial pouco explorado. Nesse quadro, a importância da extensão e da pesquisa na formação dos engenheiros ainda é pouco estudada e divulgada. No entanto, existem diversos grupos que atuam em projetos com metodologias participativas, amparados pelo conceito de tecnologia social. Assim,

é apenas de maneira interativa com os beneficiados pela solução técnica que o processo de desenvolvimento tecnológico torna-se efetivamente democrático, reconciliando a sociedade e os tecnólogos. Mais do que isso: somente por meio de um debate aberto a toda a sociedade que podemos garantir que uma tecnologia atenda realmente a uma demanda social (TYGEL *et al.*, 2010, p. 6).

Para tanto, um novo tipo de ensino é concebível, que inclua uma pedagogia baseada na experimentação e vivência dos reais problemas da engenharia. As diretrizes para a construção de uma atuação mais ética e consciente das implicações da ciência e tecnologia são definidas e discutidas em fóruns abertos da categoria dos engenheiros – reunindo representantes dos setores produtivos, das áreas do governo concernidas, bem como os educadores e futuros engenheiros – e levadas às escolas como linhas-mestras da formação. Clenet (2006, p. 120) aposta em um modelo de formação aberto, com múltiplas finalidades, “podendo responder às expectativas das empresas, dos alunos ou das escolas, co-construídas entre instituição e atores, multirreferenciada em saberes”. Assim, muito poderia ser concretizado a partir de uma sinergia entre as instituições que representam o corpo social dos engenheiros (associações e sindicatos), os órgãos governamentais que regem a profissão e legislam e avaliam sua formação (CONFEA e ministérios), e uma mobilização política de professores, estudantes e profissionais do ramo por uma formação de qualidade, contextualizada e com recursos materiais e humanos.

Por fim, o engenheiro tem o potencial de reconectar dentro de si os saberes do mundo. Essa dissertação tentou mostrar isso e, ao mesmo tempo, abraçar o tema da educação científica e tecnológica. Foi o resultado da aplicação do raciocínio clínico do engenheiro a uma situação-problema, sem a pretensão de exaurir a questão mas sim de apresentar um retrato do seu conjunto de soluções. Seu aprofundamento poderia ser realizado pelo aumento da amostra de egressos e professores entrevistados, nos moldes das pesquisas de Giré *et al.* (2000) e Didier (2008b).

A comunidade acadêmica tem o papel de propor soluções inovadoras e práticas, para fundar um sistema próspero e sustentável para todos. No quadro da formação em engenharia seria interessante que alguns caminhos de pesquisa pouco explorados fossem pautados para provocar mudanças radicais nas atitudes, modos de concepção e métodos de produção de bens e serviços. Porém, deve ser considerado que os currículos só são alterados se a própria estrutura escolar for respeitada, consultada e tornar-se protagonista da própria história, fazendo-se as seguintes perguntas, propostas por Saul (2008): "Currículo para quê? Currículo para quem? Currículo a favor de quem?".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKKARI, A.; NOGUEIRA, N., 2007. “As condições para uma educação básica de qualidade na América Latina”. *Diálogo Educ.*, Curitiba, v.7, n.22, p. 133-145, set/dez.
- ALMENDRA, E. R. Ericksson Rocha e Almendra: depoimento [out. 2011]. Entrevistador: M. Dwek. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. Gravação digital. Entrevista concedida para pesquisa de mestrado.
- ANTUNHA, A. G.; NEIVA, A. C.; REGINATO, C. G.; et al., 2010. *Pesquisa com egressos do curso de engenharia da Escola Politécnica da USP*. Relatório de Pesquisa. PQI/POLI-USP.
- ASSMANN, H.; SUNG, J. M., 2000. *Competência e sensibilidade solidária – Educar para a esperança*. Petrópolis: Vozes.
- AULER, D., BAZZO, W. A., 2001. “Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro”. *Ciência & Educação*, vol. 7 nº1, p. 1-13.
- BAZZO, W. A., 2002. “A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica”. *Revista Iberoamericana de Educação*, n. 28, jan/abr, p. 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. 2008. *Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia*. 2.ed. Florianópolis: Ed. da UFSC.
- BEVILACQUA, L. Luiz Bevilacqua: depoimento [set. 2011]. Entrevistador: M. Dwek. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. Gravação digital. Entrevista concedida para pesquisa de mestrado.
- BIGAND, M.; CRAYE, E.; DESHAYES, P.; VERZAT, C., 2006. “Professionnalisation et autonomie en école d’ingénieurs: un défi”. In: FRAYSSE, B. (org.). *Professionnalisation des élèves ingénieurs*. Paris: L’Harmattan, p. 37-61.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, CÂMARA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR, 2002a. Resolução CNE/CES 11 de 11 Março de 2002. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. *Diário Oficial da União*. Brasília: 9 de Abril de 2002, seção 1, p. 32.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, CÂMARA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR, 2002b. Parecer CNE/CES 1362/2001 de 12 de Dezembro de 2001. *Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia*. Brasília, 25 fev. 2002, seção 1, p. 17.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Ciência sem Fronteiras. *Áreas prioritárias*. Brasília. Disponível em: <<http://www.cienciasemfronteiras.gov.br/web/csf/areas-prioritarias>>. Acesso em: 01/05/2012.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2010. *Livro azul da 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação*. Brasília.
- CHAIX, M. L., 2006. “Les formes de socialisation professionnelle en formation”. In: FRAYSSE, B. (org.) *Professionnalisation des élèves ingénieurs*. Paris: L’Harmattan, p. 125-149.

- CLENET, J., 2006. "Autonomie, compétence et ingénierie de l'alternance". In: FRAYSSE, B. (org.) *Professionnalisation des élèves ingénieurs*. Paris : L'Harmattan, p. 105-125.
- CONFÉA, 2002. Novo código de ética profissional. Disponível em: <<http://normativos.conféa.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=542&idTipoEmenta=5&Numero=1002>>. Acesso em: 01/05/2012.
- CORBUCCI, P. R., 2004. "Financiamento e democratização do acesso à educação superior no Brasil: da deserção do estado ao projeto de reforma". *Educ. Soc.*, Campinas, vol. 25, n. 88, p. 677-701, Especial.
- CRAWLEY, E. et al., 2007. *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*, Springer.
- DAGNINO, R., 2005. "Qual é o seu tipo científico-tecnológico?". *Jornal da UNICAMP*, 2 a 8 de Maio 2005, p. 2.
- DAGNINO, R, BRANDÃO, F.C., NOVAES, H. T., 2004. *Tecnologia Social: uma estratégia para o desenvolvimento*. Fundação Banco do Brasil: Rio de Janeiro.
- 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/tecnosoc/rev_sumario_06.htm>. Acesso em 10/06/2010.
- DAVYT, A.; LÁZARO, M., 2010. "El campo CTS y el enfoque extensionista de la Universidad Latinoamericana: diálogos y convergencias". In: VIII ESOCITE, Buenos Aires, 2010. *Anais...*, 1 CD-ROM.
- DEROUET, A.; PAYE, S., 2010. *Quand les ingénieurs débattent de leur formation non-technique: socio-histoire d'un processus de repositionnement professionnel*. Institut de Recherches Economiques et Sociales. Collection Agence d'objectifs. Paris: CFE-CGC.
- DIDIER, C., 2008a. *Les ingénieurs et l'éthique : pour un regard sociologique*. Paris : Lavoisier.
- DIDIER, C., 2008b. *Penser l'éthique des ingénieurs*. Paris : PUF.
- DUFOUR, A., 1998, *Les enjeux de l'enseignement de la sociologie dans une école d'ingénieurs*. 365p. Tese de Doutorado (Ciências da Educação) – Universidade Lumière Lyon 2, 05/1998.
- DWEK, M., 2008, *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.
- FARIA, J. H., 2007. "Os Fundamentos da Teoria Crítica: uma Introdução". In: FARIA, J. H. (org.), *Análise crítica das teorias e práticas organizacionais*. Capítulo 1, São Paulo: Atlas.
- FEENBERG, A., 1991. *Critical theory of technology*. New York: Oxford University Press.
- FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K., 1988. "Learning and teaching styles in engineering education". *Engineering education*, vol. 78, n°7, p. 674-681.
- FERRANDO, K., 2010. "Formación de Ingenieros desde una perspectiva CTS". In: VIII ESOCITE, Buenos Aires, 2010. *Anais...*, 1 CD-ROM.
- FLUSSER, V., 1983. *Pós-História*. São Paulo: Livraria Duas Cidades.

- FLUSSER, V., 2008. *O universo das imagens técnicas*. São Paulo: Annablume.
- FRAGA, L. S., 2007, *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.
- FRAGA, L. S., SILVEIRA, R., VASCONCELLOS, B., 2007. *O Engenheiro Educador*. Grupo de Estudo e Pesquisa em Economia Solidária, UNICAMP. Disponível em: <<http://www.itcp.usp.br/drupal/files/itcp.usp.br/Engenheiros%20na%20pratica%20de%20%20incubacao.pdf>>. Acesso em: 01/05/2012.
- FRAYSSE, B., 2006. “Quelle formation pour professionnaliser les ingénieurs? Spécificité et rôle des représentations: le cas des élèves ingénieurs au Canada et en France”. In: FRAYSSE, B. (org.). *Professionnalisation des élèves ingénieurs*. Paris: L’Harmattan.
- FREIRE, P., 2005. *Pedagogia do oprimido*. São Paulo: Paz e Terra.
- FREIRE, P., 2010. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra.
- FREITAS, A. L. S., 2008. “Curiosidade epistemológica”. In: STRECK, D. R. et al. (org.) *Dicionário Paulo Freire*. Belo Horizonte: Autêntica Editora.
- FREYRE, G., 1987. *Homens, engenharias e rumos sociais*. Rio de Janeiro: Record.
- GERMINET, R., 1997. *L’apprentissage de l’incertain*. Paris: Odile Jacob.
- GIRÉ, A.; BERAUD, A.; DÉCHAMPS, P., 2000. *Les ingénieurs : identités en question*. Paris: L’Harmattan.
- GIULIANO, G., 2010. “Hacia uma formación em ingeniería contextualizada”. In: VIII ESOCITE, Buenos Aires, 2010. *Anais...*, 1 CD-ROM.
- GORDILLO, M. M.; GALBARTE, J. C. G., 2002. “Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS”. *Revista Iberoamericana de Educación*, Madrid, n. 28, p. 17-59.
- GORDILLO, M. M.; OSORIO, C.; CERREZO, J. A. L., 2000. *La educación en valores a través de CTS*. Contribución al Foro Iberoamericano sobre Educación en Valores. Montevideo 2-6 de Outubro de 2000. Disponível em: <<http://www.oei.es/salactsi/mgordillo.htm>>. Acesso em: 01/05/2012.
- HOFFMANN, R., 2010. “Desigualdade da renda e das despesas per capita no Brasil, em 2002-2003 e 2008-2009, e avaliação do grau de progressividade ou regressividade de parcelas da renda familiar”. *Economia e sociedade*. Campinas, v.19, n.3 (40), p. 647-661, Dezembro.
- HORKHEIMER, M., 1980. “Teoria Tradicional e Teoria Crítica”. In: *Textos Escolhidos*. Coleção “Os Pensadores”. São Paulo: Abril Cultural, p. 117-154.
- IBGE, 2010. *Censo demográfico 2010. Aglomerados subnormais. Primeiros resultados*. Rio de Janeiro.
- INGENIEURS SANS FRONTIÈRES. *Notre histoire*. Disponível em: <<http://www.isf-france.org/node/36>>. Acesso em: 01/05/2012.
- INGENIEURS SANS FRONTIÈRES, 2009. *Le projet FormIC*. Disponível em: <http://formic.isf-france.org/IMG/pdf/Note_de_presentation_FORMIC_2009.pdf>. Acesso em: 01/05/2012.

INGENIEURS SANS FRONTIÈRES, 2010. *Transformons nos formations*. Disponível em: <<http://www.isf-france.org/system/files/ISF-BoiteAOutils-TransFormations.pdf>>. Acesso em: 01/05/2012.

JACINSKI, E. 2009. “A perspectiva histórica e sócio-cultural das Ciências enquanto possibilidade de aproximação dialógica entre formação científica e humana na educação tecnológica”. In: I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. *Anais do I SINECT*. PPGET/UTFPR.

JAPIASSU, H., 1983. *Pedagogia da incerteza*. Rio de Janeiro: Imago.

JOHSUA, S.; DUPIN, J.-J. 2003. *Introduction à la didactique des sciences*. Paris: PUF.

KASSAI, J. R.; FELTRAN-BARBIERI, R.; CARVALHO, L. N. *et al.*, 2010. “Os monster-countries no cenário de mudanças climáticas globais de acordo com seus balanços contábeis”. *Revista de gestão social e ambiental*. Maio-Agosto, v.4, n.2, p. 3-20.

KAWAMURA, L., 1981. *Engenheiro: Trabalho e Ideologia*. 2ª Ed. São Paulo: Editora Ática.

KOURILSKY, F., 2002. “Le chemin de l’interdisciplinarité”. In: KOURILSKY, F. (org.). *L’ingénierie de l’interdisciplinarité*. Paris: L’Harmattan.

KRONBAUER, L. G., 2008. “Consciência (intransitiva, transitiva ingênua e transitiva crítica)”. In: STRECK, D. R. *et al.* (org.) *Dicionário Paulo Freire*. Belo Horizonte: Autêntica Editora.

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

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

LE MOIGNE, J.-L., 1994. *O construtivismo*. Lisboa: Instituto Piaget, volume 1.

LE MOIGNE, J.-L., 2002. “Légitimer les connaissances interdisciplinaires dans nos cultures, nos enseignements et nos pratiques”. In: KOURILSKY, F. (org.). *L’ingénierie de l’interdisciplinarité*. Paris: L’Harmattan.

LEDERMAN, L., 1997. “Faire trois ans d’études scientifiques au lycée”. In: GERMINET, R. 1997. *L’apprentissage de l’incertain*. Paris: Odile Jacob.

LEMAITRE, D., 2003. *La formation humaine des ingénieurs*. Paris: PUF.

LENOIR, Y.; LAROSE, F.; DIRAND, J.-M., 2006. “Formation professionnelle et interdisciplinarité: quelle place pour les savoirs disciplinaires?”. In: FRAYSSE, B. (org.). *Professionnalisation des élèves ingénieurs*. Paris: L’Harmattan, p. 13-37.

MACULAN FILHO, N. Nelson Maculan Filho: depoimento [out. 2011]. Entrevistador: M. Dwek. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. Gravação digital. Entrevista concedida para pesquisa de mestrado.

MARTINS FILHO, P. D. Protásio Dutra Martins Filho: depoimento [set. 2011]. Entrevistador: M. Dwek. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. Gravação digital. Entrevista concedida para pesquisa de mestrado.

MATAI, P. H. L. S. ; MATAI, S., 2001. “Ensino Cooperativo: estruturas quadrimestrais”. In: XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2001, Porto Alegre. *Anais*. Disponível em:<<http://www.pp.ufu.br/Cobenge2001/trabalhos/EST004.pdf>>. Acesso em: 01/05/2012.

- MATAI, P. H. L. S.; MATAI, S., 2005. "Ensino Cooperativo: conhecimento das competências". *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 24, n. 2, p. 27-34.
- MATAI, P. H. L. S.; MATAI, S., 2006. "Ensino Cooperativo: o desafio do futuro". In: XXXIV COBENGE Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2006, Passo Fundo. *Anais*. Disponível em: <http://www.dee.ufma.br/~fsouza/anais/arquivos/1_113_279.pdf>. Acesso em: 01/05/2012.
- MICHELOTTO, R. M.; COELHO, R. H.; ZAINKO, M. A. S., 2006. "A política de expansão da educação superior e a proposta de reforma universitária do governo Lula". *Educar*. Curitiba: Editora UFPR, n. 28, p. 179-198.
- MOODLE. *Pedagogy*. Disponível em: <<http://docs.moodle.org/22/en/Pedagogy>>. Acesso em: 01/05/2012.
- MORELL, L., 2011. "Gestores de educação em engenharia". In: *Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia*. Blumenau. Workshop de abertura.
- MORIN, E., 2000. *Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur*. Paris: Seuil.
- MORIN, E., 2008. *A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*. Tradução de Eloá Jacobina. 14ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 128p.
- NASCIMENTO, P. A. M. M.; GUSSO, D. A.; MACIENTE, A. N. *et al.*, 2010. "Escassez de engenheiros: realmente um risco?". *Radar. Tecnologia, Produção e Comércio Exterior*. IPEA.
- NASCIMENTO, J. L. Jorge Luiz do Nascimento: depoimento [out. 2011]. Entrevistador: M. Dwek. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. Gravação digital. Entrevista concedida para pesquisa de mestrado.
- NEGRI, J. A., LEMOS, M. B., 2009. *Nota técnica – IPEA. Avaliação das políticas de incentivo à P&D e inovação tecnológica no Brasil*. Brasília: IPEA.
- OLIVEIRA, Agamenon R. E., 2007. *Os desafios atuais para a formação dos engenheiros brasileiros*. Cadernos FISENGE 3. Rio de Janeiro: Federação Interestadual de Sindicatos de Engenheiros.
- OLIVEIRA, V. F. de; GODOY, V. G.; PEREIRA, F. A. A., *et al.*, 2011. "Evolução e Formação em Engenharia no Brasil: Crescimento do Número de Cursos e Modalidades". In: XXXIX COBENGE Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2011, Blumenau. *Anais*. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/observatorioengenharia/files/2012/03/Eng-Cresce.pdf>>. Acesso em: 01/05/2012.
- PASSOS, L. A., 2008. "Leitura do mundo". In: Streck, D. R. et al. (org.) *Dicionário Paulo Freire*. Belo Horizonte: Autêntica Editora.
- PAYE, S. 2010. "Ingénieurs Sans Frontières in France". *IEEE Technology and Society*, v.29, n°1, p. 20-26.
- PIRRÓ E LONGO, W., 2004. "O programa de desenvolvimento das engenharias". *Revista Brasileira de Inovação*. Vol. 3, n. 2, Jul-Dez.
- PRINCE, M., 2004. "Does active learning work?". *Journal of Engineering Education*, vol. 93, n° 3, p. 223-231.

RAUCENT, B.; JACQMOT, C.; de THEUX, M.-N.; MILGROM, E., 2006. "Le projet dans la formation des ingénieurs". In: FRAYSSE, B. (org.). *Professionnalisation des élèves ingénieurs*. Paris: L'Harmattan, p. 61-87.

SACRISTÁN, J. G., 2000. *O currículo. Uma reflexão sobre a prática*. Porto Alegre: Artmed, 3ª edição.

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

SANTOS, B. S., 2008. "A Universidade no Século XXI: Para uma Reforma Democrática e Emancipatória da Universidade". In: SANTOS, B. S.; ALMEIDA FILHO, N., 2008. *A universidade no século XXI: para uma universidade nova*. Coimbra: Edições Almedina.

SANTOS, M., 2008. *Técnica, espaço, tempo*. São Paulo: EdUSP.

SANTOS, W. L. P., MORTIMER, E. F., 2001. "Tomada de Decisão para Ação Social Responsável no Ensino de Ciências". *Ciência & Educação*, vol. 7 nº1, p. 95-111.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F., 2002. "Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS no contexto da educação brasileira". *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, vol.02, nº2, Dez 2002.

SAUL, A. M., 2008. "Currículo". In: STRECK, D. R. et al.(org.) *Dicionário Paulo Freire*. Belo Horizonte: Autêntica Editora.

SCHÖN, D.A., 2000. *Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem*. Porto Alegre: Artmed.

SILVEIRA, M. A., 2005. *A formação do engenheiro inovador*. Rio de Janeiro: PUC-Rio. Disponível em: <<http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/7482/7482.PDF>>. Acesso em: 01/05/2012.

SILVEIRA, M. A.; ARAUJO, M. A. V., 2005. "Algumas sugestões sobre perfis de formação em engenharia". *Revista de ensino de engenharia* v. 24, n. 2, p. 17-25.

SORPRESO, T.; ALMEIDA, M. J. P. M., 2010. "Obstáculos para a utilização da abordagem CTS no ensino de física em nível médio nos discursos de licenciandos em física". In: VIII ESOCITE, Buenos Aires, 2010. *Anais...*, 1 CD-ROM.

SOUSA, Antônio Cláudio G., 2010. "Lei de diretrizes e bases da educação e diretrizes curriculares nacionais para a engenharia". In: PINTO, Danilo P. et al. (org.), *Educação em engenharia – Evolução, bases e formação*. Juiz de Fora: Fórum Mineiro de Engenharia de Produção Editora.

SOUSA, A. C. G. Antônio Cláudio Gómez de Sousa: depoimento [set. 2011]. Entrevistador: M. Dwek. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. Gravação digital. Entrevista concedida para pesquisa de mestrado.

SUTZ, J., 1998. "Ciencia, tecnología y sociedad: argumentos y elementos para una innovación curricular". *Revista iberoamericana de educación, Ciencia, tecnología y sociedad ante la educación*, OEI,18, Septiembre-Diciembre, p. 145-169.

TAPSCOTT, D., 2009. *The impending demise of the university*. Disponível em: http://www.edge.org/3rd_culture/tapscott09/tapscott09_index.html. Acesso em: 30/11/2011.

- THIOLLENT, M., 1988. *Metodologia de pesquisa-ação*. 15a. ed. São Paulo: Cortez.
- THIOLLENT, M., 2005. “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 Alegre: Ed. UFRGS, p. 172-189.
- TYGEL, A.; DWEK, M.; ALVEAR, C. A. S.; ADDOR, F.; HENRIQUES, F. C. 2010. “Tecnologias Sociais: aplicações e limites do conceito em projetos de engenharia”. In: VIII ESOCITE, Buenos Aires, 2010. *Anais...*, 1 CD-ROM.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. *Observatório da educação em engenharia*. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/observatorioengenharia/>>. Acesso em: 01/05/2012.
- VALÉRIO, M.; BAZZO, W. A. 2006. “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, Sociedade e Inovação*, n. 7, set./dez. 2006. Disponível em: <<http://www.oei.es/revistactsi/numero7/articulo02b.htm>>. Acesso em: 01/12/2008.
- VASCONCELLOS, C. S., 2008. *Avaliação da aprendizagem: práticas de mudança – por uma práxis transformadora*. São Paulo: Libertad.
- VENDRAMINI, A. L. A. Ana Lúcia do Amaral Vendramini: depoimento [set. 2011]. Entrevistador: M. Dwek. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. Gravação digital. Entrevista concedida para pesquisa de mestrado.
- VILLAS-BOAS, V.; MATTASOGLIO NETO, O., 2011. “Aprendizagem ativa na educação em engenharia”. In: *Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia*. Blumenau. Sessão dirigida.
- VON LINSINGEN, I.; PEREIRA, L. T. V., CABRAL, C. G. *et al.*, 1999. “Falando do conteúdo uma visão do NEPET”. In: VON LINSINGEN, I.; PEREIRA, L. T. V., CABRAL, C. G. *et al.* (org.). *Formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares, questões contemporâneas de educação tecnológica*. Florianópolis: Editora da UFSC.
- VON LINSINGEN, I., 2007. *O enfoque CTS e a educação tecnológica: origens, razões e convergências curriculares*. NEPET, UFSC. Disponível em <http://www.nepet.ufsc.br/Artigos/Texto/CTS%20e%20EducTec.pdf>. Acesso em: 19/12/2009.
- ZAMBERLAN, F. L. Fábio Luiz Zamberlan: depoimento [out. 2011]. Entrevistador: M. Dwek. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. Gravação digital. Entrevista concedida para pesquisa de mestrado.
- ZAOUAL, H. 2005. “Homo oeconomicus ou Homo situs? Un choix de civilisation”. *Finance & the Common Good / Bien commun*, n°22, Jul-Ago, p. 63-72, Genebra, Observatoire de la Finance.

APÊNDICE A – LISTA DE PESQUISADORES FRANCESES ENTREVISTADOS

Jean François TERNAY

Professor de ética e comunicação da escola Polytech'Paris-SUD

Paul LESAGE

Professor e ex-diretor da escola Polytech'Paris-Sud

Sidoine CORBIN-OCCELLI

Professor de economia e administração da escola Polytech'Paris-Sud

Marie Christine HENRIOT

Professora de economia e responsável pelo último ano de formação da escola Polytech'Paris-Sud

Christelle DIDIER

Diretora do departamento de Ética da Universidade Católica de Lille

Patrick SIMONNIN

Professor do departamento de Ética da Universidade Católica de Lille

Patrick OBERTELLI

Professor da Ecole Centrale de Paris e membro da rede *Ingenium*

Dominique VINCK

Professor de Ciências Sociais do Institut Nationale Polytechnique de Grenoble

Annie DUFOUR

Professora de Ciências Sociais do ISARA

Antoine DEROUET

Sociólogo e pesquisador do grupo Engenheiros Sem Fronteiras

Simon PAYE

Engenheiro e sociólogo, pesquisador do grupo Engenheiros Sem Fronteiras

Catherine ROBY

Professora de Ciências Sociais do ICAM.

APÊNDICE B – LISTA DE PROFESSORES DO CENTRO DE TECNOLOGIA DA UFRJ ENTREVISTADOS

Ana Lúcia do Amaral Vendramini – Eng. de Alimentos (Escola de Química)

Mestrado e Doutorado em Bioquímica pelo Instituto de Química da UFRJ (1997 e 2003). Coordenadora do curso de Eng. de Alimentos (2007-atual).

Andreia Medeiros Salgado – Eng. Bioquímica (EQ)

Mestrado e Doutorado em Engenharia Química pela Escola de Química da UFRJ (1997 e 2001). Coordenadora do curso de Química Industrial (2006-atual). Diretora adjunta de graduação (2010-atual). Membro do Conselho de Ensino de Graduação da UFRJ (2009-atual).

Antônio Cláudio Gómez de Sousa – Eng. Eletrônica (Escola Politécnica)

Mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação pela UFRJ (1983). Representante do Centro de Tecnologia no Conselho de Ensino de Graduação da UFRJ (1997-2003). Chefe de departamento (1981-1983 e 1998-2002). Diretor da Escola Politécnica (1986-1990). Coordenador de curso (1979-1981). Organizador dos Encontros de Ensino de Engenharia (1995-2007). Diretor do Laboratório de Informática para a Educação (2005-atual).

Ericksson Rocha e Almendra – Eng. Metalúrgica e de Materiais (EP)

Mestrado e Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela UFRJ (1979 e 1990). Diretor da Escola Politécnica (2006-atual). Diretor adjunto de ensino e cultura (2002-2003). Coordenador de curso (2000-2002). Chefe de departamento (1990-1992).

Fabio Luiz Zamberlan – Eng. Mecânica (EP)

Mestrado e Doutorado em Engenharia de Produção pela UFRJ (1987 e 1997). Coordenador do Laboratório de Trabalho & Formação (1986-atual). Atua na linha de pesquisa de Engenharia de Interesse Social (1997-atual).

Fernando Antônio Sampaio de Amorim – Eng. Naval (EP)

Mestrado e Doutorado em Engenharia Oceânica pela UFRJ (1983 e 1997). Pró-reitor de Patrimônio e Finanças (1985-1989). Chefe de departamento (1992-1994). Coordenador do curso de Eng. Naval (1994-1998). Organizador dos Encontros de Ensino de Engenharia (1995-2007). Coordenador do Pólo Náutico e do Núcleo Interdisciplinar UFRJ mar (2002-atual). Diretor do Sindicato Nacional dos Professores das Instituições Federais de Ensino Superior (2004-atual).

Jorge Luiz do Nascimento – Eng. Elétrica (EP)

Mestrado em Engenharia Elétrica pela UFRJ e Doutorado em Engenharia Elétrica pela UFSC (1983 e 1990). Chefe da seção de ensino e diretor do Instituto de Eletrotécnica da UFRJ (1983 e 1984-1985). Chefe do Departamento de Eletrotécnica da Escola Politécnica (1993-1996 e 2006-2010). Organizador do Encontro de Ensino de Engenharia (1996). Atua na linha de pesquisa de “Atividades integradoras no Ensino de Engenharia”.

Luiz Bevilacqua – Programa de Engenharia Civil (COPPE/UFRJ)

Professor emérito da UFRJ. Doutorado em Mecânica teórica e aplicada pela Universidade de Stanford (1971) e livre-docência em Eng. Mecânica pela UFRJ (1966). Coordenador do Departamento de Eng. Civil (1967-1968) e de Eng. Mecânica da POLI/UFRJ (1971-1972, 1973-1976 e 1990-1992). Reitor da PUC-Rio (1980-1985).

Presidente do Comitê de Engenharia da CAPES (1987-1990). Secretário-geral do Ministério da Ciência e Tecnologia (1992-1993), diretor das unidades de pesquisa do CNPq (1994) e diretor científico da FAPERJ (1995), diretor da Agência Espacial Brasileira (2003-2004). Reitor da UFABC (2006-2008).

Nelson Maculan Filho – Programa de Engenharia de Sistemas (COPPE/UFRJ)

Mestrado em Matemática Estatística pela Université de Paris VI, doutorado em Engenharia de Produção pela UFRJ e livre-docência em Ciências da Computação pela Université Paris-Dauphine e pela UFRJ (1967, 1975 e 1988). Coordenador do Programa de Engenharia de Sistemas (1973-1977), chefe do departamento de Matemática Aplicada do Instituto de Matemática (1986-1988) e diretor da COPPE (1990). Reitor da UFRJ entre 1990 e 1994. Secretário de ensino superior do Ministério da Educação entre 2004 e 2006 e secretário de educação do estado do Rio de Janeiro entre 2007 e 2008.

Protásio Dutra Martins Filho – Eng. Naval (EP)

Mestrado em Eng. Oceânica pela UFRJ (1978). PhD em Engenharia Naval e Oceânica pela University of Strathclyde (1984). Chefe de departamento (1999-atual). Coordenador de Ensino do Centro de Tecnologia (2006–atual). Coordenador do REENGE/Finep-CNPq-CAPES (1995-1998).

Sidney Lianza – Eng. Industrial (EP)

Mestrado e Doutorado em Engenharia de Produção pela UFRJ (1991-1998). Coordenador geral do Núcleo de Solidariedade Técnica da UFRJ (2003-2011). Coordenador do curso de Eng. de Produção (2005-atual).

ANEXO A – EMENTA DA DISCIPLINA DE “SEMINÁRIOS DE DOCÊNCIA”

Objetivo:

Proporcionar aos alunos da pós-graduação stricto sensu da COPPE a oportunidade de uma experiência didático-pedagógica prática que complemente sua formação acadêmica, conforme Diretriz 02/2010 da CPGP/COPPE.

O propósito desta disciplina é estimular a reflexão sobre questões contemporâneas de didática e educação, e fomentar a discussão de temas relevantes à prática docente da engenharia, por meio de diversas abordagens teórico-metodológicas de ensino.

Ementa & bibliografia:

1) Apresentação (24/09/2010)

- Apresentação da disciplina
- Questionário
- Ementa
- Introdução ao *moodle*

2) Métodos de avaliação discente (01/10/2010)

- Apresentação de métodos de avaliação: quais métodos para quais alunos?
- Texto-base:

VASCONCELLOS, C. S. Avaliação da aprendizagem: práticas de mudança – por uma práxis transformadora. São Paulo: Libertad, 2008. [Cap. 2 Conteúdo e forma de avaliação].

- Leitura complementar:

SACRISTÁN, J. G. O currículo – Uma reflexão sobre a prática. Porto Alegre: Artmed, 2000. [Cap. 10: O currículo avaliado, p. 311-334].

3) Novas abordagens epistemológicas (08/10/2010)

- Aula expositiva sobre os temas:
 - Interdisciplinaridade,
 - Complexidade,
 - Reflexividade,
 - Multirreferencialidade

- Leitura complementar:

SCHÖN, D.A. Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem. São Paulo : Artmed, 2000. [capítulos 1 e 2].

CASANOVA, Pablo G. As novas ciências e as humanidades: da academia à política. São Paulo : Boitempo, 2006. [capítulo 1].

MORIN, Edgar. Introdução ao pensamento complexo. Porto Alegre : Sulina, 2007. [Prefácio, capítulos 1 e 2].

- 4) Simulações de aula (15/10/2010)
- 5) Pedagogia freiriana (22/10/2010)
- Apresentação (15min por texto) seguida de debate:
FREIRE, P. Pedagogia do oprimido. São Paulo: Paz e Terra, 2005. [Cap. 2 e 3, p. 65-139].
FREIRE, P. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996
- 6) Implicações sociais da Ciência e da Tecnologia na Educação (29/10/2010)
- Seminários:
 - JAPIASSU, H. Pedagogia da incerteza. Rio de Janeiro: Imago, 1983. [Cap. 1, p. 13-38].
 - NASCIMENTO, T. G. & VON 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>.
 - SANTOS, W. L. P. dos. & MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS no contexto da educação brasileira. Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, vol.02, nº2, Dez 2002.
- 7) Ensino de engenharia 1 (05/11/2010)
- Mesa-redonda: professores a confirmar
 - Seminário:
KAWAMURA, L. K. Engenheiro: Trabalho e Ideologia. Capítulo II: O aparelho formador do engenheiro, p. 50-84, São Paulo: Ática, 2ª ed., 1981.
 - Leitura em sala de aula:
DAGNINO, R. Qual é o seu tipo científico-tecnológico? Jornal da UNICAMP, 2 a 8 de Maio 2005, p. 2, 2005.
- 8) Simulações de aula (12/11/2010)
- 9) O uso de TIC em sala de aula (19/11/2010)
- Apresentação de softwares de apoio ao ensino
 - Apresentação e exercício prático de moodle
 - Leitura complementar:
ASSMANN, H. Competência e sensibilidade solidária – Educar para a esperança. Petrópolis: Vozes, 2000. [Capítulo 9: O impacto sociocognitivo das novas tecnologias, p. 269-281].
- 10) Didática e dinâmica de aula (26/11/2010)
- Debate
 - Textos-base:
ASSMANN, H. Competência e sensibilidade solidária – Educar para a esperança. Petrópolis: Vozes, 2000. [Capítulo 6: Competência e solidariedade: renovação do discurso pedagógico, p. 209-225].

ASSMANN, H. Competência e sensibilidade solidária – Educar para a esperança. Petrópolis: Vozes, 2000. [Capítulo 8: Epistemologia solidária, p. 243-268].

SACRISTÁN, J. G. O currículo – Uma reflexão sobre a prática. Porto Alegre: Artmed, 2000. [Cap. 7: O currículo moldado pelos professores, p. 165-200].

SACRISTÁN, J. G. O currículo – Uma reflexão sobre a prática. Porto Alegre: Artmed, 2000. [Cap. 8: O currículo na ação: a arquitetura da prática, p. 201-280].

SACRISTÁN, J. G. O currículo – Uma reflexão sobre a prática. Porto Alegre: Artmed, 2000. [Cap. 9: Um esquema para o planejamento da prática, p. 281-310].

11) Ensino de engenharia 2 (03/12/2010)

- Mesa-redonda: professores a confirmar
- Ferramentas para o ensino de engenharia:
 - CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate)
 - O exemplo do Grupo de Estudo e Pesquisa em Ciência e Ensino, Departamento de Ensino e Práticas Culturais da UNICAMP
- Texto-base:

CRAWLEY, E. et al. Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. Springer, 2007.

ALMEIDA, M. J. P. M., SORPRESO, T. P., SILVA, L. L. Estudo do Funcionamento de Artigos Científicos Sobre Ciência Tecnologia e Sociedade na Formação Inicial de Professores de Física. Anais das VIII Jornadas ESOCITE, Buenos Aires, 2010.

12) Elaboração de plano de curso (10/12/2010)

- Apresentação e discussão dos trabalhos escritos

13) Simulações de aula (17/12/2010)

ANEXO B – QUESTIONÁRIO PARA OS EGRESSOS DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA METALÚRGICA E DE MATERIAIS DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Informações de contato

Nome Completo:

E-mail Pessoal:

E-mail Comercial:

Telefone para contato:

Cidade em que está morando atualmente:

Informações Acadêmicas

Ano de Ingresso na Poli:

Ano de formação na Poli:

Qual curso:

- a) Engenharia de Materiais
- b) Engenharia Metalúrgica

Participou de quais atividades acadêmicas?

- a) Iniciação científica
- b) Poli Júnior
- c) CMR
- d) Atlética
- e) Grêmio
- f) Monitoria
- g) Baja
- h) Aerodelismo
- i) SEMM
- j) Outra:

Realizou intercâmbio?

- a) Sim
- b) Não

Se sim, comente esta experiência (Universidade, Cidade-País, Curso e tipo de intercâmbio)

Idiomas

a) Inglês					
Básico 1	2	3	4	5	Fluente
b) Espanhol					
Básico 1	2	3	4	5	Fluente
c) Alemão					
Básico 1	2	3	4	5	Fluente
d) Italiano					
Básico 1	2	3	4	5	Fluente

e) Francês					
Básico 1	2	3	4	5	Fluente
f) Japonês					
Básico 1	2	3	4	5	Fluente

Quais idiomas são utilizados em seu trabalho?

- a) Português
- b) Inglês
- c) Espanhol
- d) Alemão
- e) Italiano
- f) Francês
- g) Chinês
- h) Japonês
- i) Outro:

Informações Profissionais

Cargo e empresa em que está trabalhando atualmente. Se possível descreva sua principal Função/Pesquisa/Projeto neste trabalho.

Tipo de Empresa em que está trabalhando atualmente:

- a) Indústria
- b) Consultoria
- c) Política
- d) Mercado Financeiro
- e) Universidade
- f) Comércio
- g) Outro:

Atualmente você trabalha em qual ramo de atividade?

- a) Processos e Produção
- b) Projetos
- c) Pesquisa e Desenvolvimento
- d) Área Comercial
- e) Administração
- f) Área Financeira
- g) Ensino
- h) Outro:

Qual a sua faixa salarial atual?

- a) De R\$2.000 a R\$4.000
- b) De R\$4.000 a R\$6.000
- c) De R\$6.000 a R\$8.000
- d) De R\$8.000 a R\$10.000
- e) De R\$10.000 a R\$15.000
- f) De R\$15.000 a R\$20.000
- g) De R\$20.000 a R\$25.000

- h) Acima de R\$25.000
- i) Outro:

Durante o exercício da profissão, você utilizou principalmente quais tipos de conhecimento adquiridos no curso?

- a) Conhecimentos lecionados no Ciclo Básico
- b) Conhecimentos lecionados nos últimos anos de curso
- c) Conhecimentos adquiridos nos estágios
- d) Conhecimentos adquiridos em cursos extra curriculares
- e) Outro:

Em quais empresas e cargos já trabalhou, e se recomenda estas empresas?

Pós-Graduação

Quais foram ou quais são as suas pretensões para cursos de pós-graduação?

- a) Concluí ou estou cursando um mestrado
- b) Pretendo cursar um mestrado
- c) Concluí ou estou cursando um MBA
- d) Pretendo cursar um MBA
- e) Concluí ou estou cursando um doutorado
- f) Pretendo cursar um doutorado
- g) Concluí ou estou cursando um pós-doutorado
- h) Pretendo cursar um pós-doutorado
- i) Outro:

Onde foram realizados estes cursos e em quais áreas?

Caso tenha feito ou esteja fazendo uma pós-graduação, indique qual razão principal o(a) levou a continuar os estudos?

- a) Aumento da empregabilidade
- b) Aprofundar conhecimentos
- c) Adquirir novos conhecimentos
- d) Mudar de área
- e) Ser professor universitário
- f) Necessário para crescer em minha empresa
- g) Outra:

Caso não tenha feito ou faça uma pós-graduação, indique qual razão principal o(a) levou a não continuar os estudos?

- a) Falta de tempo
- b) Baixa remuneração das bolsas de pós-graduação
- c) O conhecimento adquirido na graduação já é suficiente para o exercício da função
- d) O local de trabalho possui plano de carreira que independe da formação em pós-graduação
- e) Não tenho interesse/motivação
- f) Outra:

Graduação

Tendo em vista sua experiência profissional, qual disciplina básica deveria ter tido maior enfoque na graduação? Caso tenha dúvida sobre o conteúdo das disciplinas, por favor, consulte:

<https://sistemas2.usp.br/jupiterweb/listarGradeCurricular?codcg=3&codcur=3091&codhab=110&tipo=N>

- a) Cálculo Diferencial
- b) Álgebra Linear
- c) Introdução à Computação para Engenharia
- d) Física
- e) Cálculo Numérico
- f) Estatística
- g) Desenho Técnico
- h) Introdução à Engenharia
- i) Mecânica
- j) Eletricidade Geral
- k) Resistência dos Materiais
- l) Introdução à Engenharia Ambiental
- m) Administração/Economia
- n) Nenhuma
- o) Outra:

Que tipo de conhecimento lhe faltou quando começou a trabalhar?

Se tivesse que decidir novamente o seu curso de graduação, você escolheria o curso em que se graduou?

Caso não por favor informe qual curso escolheria.

Você acredita que os cursos do PMT devem mudar para o modelo cooperativo? (*No modelo cooperativo os estudantes intercalam quadrimestres acadêmicos com quadrimestres de estágio. Neste processo o aluno sai da universidade com maior experiência de trabalho, porém algumas matérias acabam sendo compactadas para serem ministradas durante o quadrimestre*)

- a) Sim
- b) Não

Outras informações

Tem interesse em participar de eventos organizados por alunos ou coordenação do PMT, como mesas redondas, palestras e aulas de estudos de casos?

Aceita responder um questionário como este a cada ano?

- a) Sim
- b) Não

Por favor, coloque informações sobre o curso, caso ache necessário.