



AS FUNÇÕES DOS CIENTISTAS, ENGENHEIROS, TÉCNICOS E TECNÓLOGOS

Abraham Zakon zakon@eq.ufrj.br

Departamento de Processos Inorgânicos, Escola de Química, Centro de Tecnologia.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Jorge Luiz do Nascimento, jorge@dee.ufrj.br

Departamento de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica, Centro de Tecnologia.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Mordka Szanjberg, mordka@uol.com.br

Departamento de Física Nuclear e Altas Energias, Instituto de Física
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Resumo: *A inserção de tecnólogos no cenário profissional habitualmente compartilhado por engenheiros, físicos, químicos, geólogos, arquitetos, biólogos e técnicos de nível médio obriga as instituições a reverem seus conceitos e a reconsiderar as funções dos diplomados perante os conselhos que reconhecem e fiscalizam o exercício das profissões. Apresenta-se uma revisão conceitual sobre ciências, engenharias e tecnologias e suas inter-relações. Admite-se que a incorporação de tecnólogos no cenário profissional irá turvar a visão de pessoas que distinguiam nitidamente as diferenças e competências entre técnicos e engenheiros, dentre elas os candidatos aos cursos e os contratadores das empresas e órgãos públicos que poderão absorvê-los. A legislação prevê que os tecnólogos serão formados em CET's, e isto resultará numa nova distribuição de verbas em função da produtividade institucional. O que ocorreria no novo cenário competitivo se as escolas e faculdades de engenharia decidissem "graduar tecnólogos. A formação plena atual adquirida pelo engenheiro incorpora uma base ampla e crescente em Matemática, Física e Computação e permite que ele se envolva com atividades científicas, e de planejamento e projeto em áreas variadas. Considera-se que os tecnólogos são profissionais de nível pós-técnico e que, no final das contas, continuam e continuarão sendo "técnicos".*

Palavras chave: *Engenheiros, Cientistas, Técnicos, Tecnólogos, Pós-técnicos.*



1. AS HABILITAÇÕES EM CIÊNCIAS, ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS

Via de regra, os cursos superiores de ciências são ministrados em institutos, os de engenharia em escolas politécnicas ou de engenharia, e ambos os casos ainda em faculdades. Devido ao crescimento científico em todas as áreas do conhecimento e da necessidade de se ministrar cursos de graduação com disciplinas interdisciplinares e multidisciplinares, existe uma tendência de se formar bacharéis em ciências em cinco anos e de graduar engenheiros em seis anos nos cursos noturnos. No cenário universitário da Cidade do Rio de Janeiro, surgiram, nos últimos anos, duas instituições privadas intituladas “Instituto Politécnico” e “Centro Politécnico”, destinadas a ministrar cursos superiores de tecnologia de curta duração. Tornou-se imprescindível elaborar uma abordagem conceitual a esse respeito para esclarecer diversos aspectos acadêmicos e profissionais, contidos no presente trabalho.

O termo substantivo masculino “**bacharel**” provém do francês *bachelier* oriundo ou associado com o termo latino *baccalariu* e significa indivíduo que concluiu o primeiro grau universitário (Ferreira, 1999; Houaiss, 2001). O termo “bacharel” já não consta de alguns diplomas universitários de graduação e adotam-se termos indicadores da habilitação adquirida como, p.ex., químico, físico, geógrafo e geólogo.

Diversas escolas de química, faculdades de farmácia ou de alimentos em várias universidades federais estaduais ministram disciplinas e cursos de conteúdo explicitamente tecnológico. Por exemplo, a Escola de Química da UFRJ ministra, desde os anos 30, o ensino das Químicas Industriais Inorgânica e Orgânica, Microbiologia Industrial e Bioquímica, ou seja, de Tecnologias Químicas e Bioquímicas, e gradua “Químicos Industriais” e “Engenheiros Químicos”, que, nos próximos anos, serão acrescidos dos “Engenheiros de Alimentos” e “Engenheiros de Bioprocessos”. Esses cursos de graduação universitária sempre foram “superiores”, “tecnológicos” e “profissionalizantes”. Seus egressos são reconhecidos no conselho profissional competente e exercem cargos e atividades em: indústrias, empresas, universidades, escolas e órgãos governamentais diversos.

2. AS CIÊNCIAS E AS ENGENHARIAS.

Segundo Houaiss (2001), as **ciências** podem significar: (a) corpo de conhecimentos sistematizados, que, adquiridos via observação, identificação, pesquisa e explicação de determinadas categorias de fenômenos e fatos, são formulados metódica e racionalmente; (b) conjunto de conhecimentos teóricos, práticos ou técnicos voltados para determinado ramo de atividades; talento; mestria; (c) conhecimento que, em constante interrogação de seu método, suas origens e seus fins, procura obedecer a princípios válidos e rigorosos, almejando especialmente coerência interna e sistematicidade, (d) na metafísica grega ou no *hegelianismo* moderno, a ciência é vista como o conhecimento filosófico racional, absoluto e sistemático a respeito da essência do real, culminância de todos os saberes particulares e específicos; (e) é cada um dos inúmeros ramos particulares e específicos do conhecimento, caracterizados por sua natureza empírica, lógica e sistemática, baseada em provas, princípios, argumentações ou demonstrações que garantam ou legitimem a sua validade [Menos importante na filosofia grega, tal sentido da palavra tornou-se hegemônico no decorrer do pensamento filosófico moderno.]; (f) conhecimentos ou disciplinas que mantêm articulações, semelhanças ou conexões sistemáticas, tendo em vista o estudo de determinado tema; (g) disciplinas voltadas para o estudo sistemático da natureza ou para o cálculo matemático (Tabela 1).

Tabela 1 – As divisões da Ciência segundo alguns dicionários
(Zakon, Szanjbeg e Nascimento, 2001).

CIÊNCIAS	OBJETIVOS E CARACTERÍSTICAS	SUBDIVISÕES
Biológicas	Conjunto dos ramos científicos derivados ou orientados para o estudo da Biologia.	Biologia, Biofísica, Farmacologia, Bioquímica
Contábeis	Conjunto das ciências aplicadas, ou afins, ou derivadas, ou que contribuem fundamentalmente para a Contabilidade:	Contabilidade, Administração
Exatas	Só admitem princípios, consequências e fatos rigorosamente demonstráveis; baseiam-se em teorias, em geral expressas matematicamente, capazes de fornecer conceitos precisos	
Naturais ou da Natureza	Tratam dos fenômenos e dos seres que constituem o mundo físico; estudam a Natureza em torno do homem, sendo este incluído apenas na condição de animal natural:	Física, Química, Botânica, Zoologia, Geologia, Mineralogia, Hidrologia, Meteorologia, Astronomia.
Da Saúde	Tratam da saúde humana e animal.	Medicina, Odontologia, Veterinária
Da Terra Ou Geociências.	Tratam do meio físico ao redor do Homem.	Geologia, Geofísica, Geoquímica, Oceanografia, Climatologia, Meteorologia
Da Vida	Conjunto formado pelas Ciências Biológicas e da Saúde.	
Econômicas	Trata dos fenômenos relativos à produção, distribuição e consumo de bens; teorias econômicas; estuda os fenômenos econômicos com ênfase em suas condicionantes históricas, políticas e sociais.	Ciências Contábeis, Finanças e Economias: Política, Bancária, Industrial, de Mercado, Internacional,
Físicas	É historicamente considerada sinônimo de Ciências Naturais.	
Humanas	Estudam o comportamento do Homem e os fenômenos culturais.	Psicologia, História, Antropologia, Sociologia,
Jurídicas	Conjunto das ciências derivadas do Direito, ou fundamentalmente influenciadas por ele.	Direito Internacional, Direito Criminal,
Linguísticas	Tratam da linguagem e das línguas empregadas pela Humanidade.	Linguística. Fonética, Neurolinguística, Psicolinguística, Sociolinguística
Matemáticas	Servem às Ciências da Natureza; são aquelas em que as investigações usam a Matemática, ou são fundamentalmente influenciadas por ela, ou são dela derivadas:	Matemática, Estatística, Física e Química Teórica
Políticas	Estudam a organização e o funcionamento do estado, e as interações dos grupos nele existentes:	Política, Sociologia
Sociais	Estudam os grupos humanos em seus aspectos diferentes e semelhanças, suas interações e condições culturais.	Sociologia, Pedagogia, Antropologia, História, Geografia Humana, Linguística, Psicologia Social.

Nota: Pelo exposto acima, a Filosofia não constitui subdivisão de nenhuma das áreas científicas delineadas.

Pode-se entender a **Engenharia** como: (a) aplicação de métodos científicos ou empíricos à utilização dos recursos da natureza em benefício do ser humano; (b) formação, ciência e ofício de engenheiro; (c) o conjunto de atividades e funções de um engenheiro, que vão da concepção e do planejamento até a responsabilidade pela construção e pelo controle dos equipamentos de uma instalação técnica ou industrial; (d) a corporação, a classe dos engenheiros; (e) projeto e manufatura de produtos complexos; (f) construção, criação, execução de algo em que se utilize engenho e arte; (g) corpo das forças armadas, uma das subdivisões do Exército (Houaiss, 2001).

3. AS FUNÇÕES DOS CIENTISTAS E ENGENHEIROS

Numa abordagem inicial, Szanjbeg e Zakon (2001) entenderam que *a função do cientista é conhecer, enquanto que a do engenheiro é fazer (projetar e construir)*. Na área da Física, o cientista adiciona dados e informações ao conhecimento verificado e sistematizado do mundo físico; e o *engenheiro torna útil esse conhecimento na solução de problemas práticos, que envolvem o projeto e construção de artefatos, engenhos, máquinas, equipamentos, instrumentos, instalações e também a concepção de sistemas e processos*, via de regra, envolvendo os elementos anteriores de modo a serem operados de forma econômica. As definições e conceitos de Ferreira (1999) corroboram a conceituação anterior para “engenheiro”. Pela Figura 1, os engenheiros transformam a ciência em “produtos” (artefatos, equipamentos, edificações ou modificações da Natureza), ou entes denominados “tecnologias”. Daí, indaga-se: 1^a - o que é “tecnologia”? 2^a - quais seriam as funções reais dos tecnólogos? 3^a - Qual deve ser a base científica para se formar um tecnólogo?

Figura 1 – A engenharia como agente de transformação da ciência em tecnologia



4. AS TECNOLOGIAS E AS TÉCNICAS

É possível entender a **Tecnologia** pelas seguintes interpretações: (a) teoria geral e/ou estudo sistemático sobre técnicas, processos, métodos, meios e instrumentos de um ou mais ofícios ou domínios da atividade humana (p. ex., indústria, ciência etc.); (b) técnica ou conjunto de técnicas de um domínio particular e (c) qualquer técnica moderna e complexa. As concepções de Houaiss (2001) não incluem um aspecto importante das tecnologias: o seu **valor comercial ou agregado**. Por exemplo, uma norma técnica ou um estudo de consultoria representa uma fração de conhecimento tecnológico que geralmente se vende ou compra, após a sua concepção e concretização. Para Ferreira (1999), o termo “**Tecnologia**” provém do grego “*technología*”, isto é, “tratado sobre uma arte” e significa “conjunto de conhecimentos, especialmente princípios científicos, que se aplicam a um determinado ramo de atividade”.

Ferreira (1999) associa o termo “**Tecnologia**” com “**Técnica**” (que é o substantivo feminino do adjetivo “**Técnico**”) e que possui os seguintes significados: (a) a parte material ou o conjunto de processos de uma arte: (exemplos: técnica cirúrgica; técnica jurídica); (b). maneira, jeito ou habilidade especial de executar ou fazer algo (exemplo: este aluno tem uma técnica muito sua de estudar); (c) prática. Para Houaiss (2001), o termo “**Técnica**” significa: (a) conjunto de procedimentos ligados a uma arte ou ciência (exemplo: a técnica de escrever) (b) a parte material dessa arte ou ciência; (c) a maneira de tratar detalhes técnicos (como faz um escritor) ou de usar os movimentos do corpo (como faz um dançarino); (d) destreza, habilidade especial para tratar esses detalhes ou usar esses movimentos; (e) jeito, perícia em qualquer ação ou movimento (exemplo: descascar laranja sem ferir requer técnica). Constatase que **uma “tecnologia” constitui um conjunto de técnicas de um domínio particular, ao passo que “técnica” é um conjunto de procedimentos ligados a uma arte ou ciência.**

5. CARACTERÍSTICAS DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA

A Figura 1 induz a duas perguntas: a Medicina e o Direito seriam análogas à Engenharia, isto é, capazes de transformar Ciências em Tecnologias? E as Artes: podem exercer o mesmo papel das Ciências para gerar Tecnologias? A resposta parece ser afirmativa. Convém lembrar que: (a) “uma **tecnologia** é o produto de ciências aplicadas numa atividade ou num bem” (Souza Santos, 1980); (b) é acumulável (Zakon, 2001) e (c) é o conjunto de conhecimentos científicos e empíricos aplicados às artes, técnicas e métodos de construção e fabricação (Tabela 2).

Tabela 2 - Características básicas da ciência e da tecnologia

(readaptado de Zakon (1992) citando Cabral, Bittencourt, Longo, 1986 e Souza Santos, 1980)

	<i>CIÊNCIA</i>	<i>TECNOLOGIA</i>
Objetivos: Posturas : Utilidade: Conceitos envolvidos:	<i>acumular conhecimentos</i> <i>princípios éticos (até 1990), e doravante</i> <i>acrescidas das leis de mercado</i> <i>universal</i> <i>conjunto de conhecimentos fundamentais</i>	<i>produzir, comercializar bens e serviços</i> <i>leis do mercado</i> <i>regional</i> <i>conjunto de artes, técnicas, métodos</i> <i>científicos e empíricos, equipamentos,</i> <i>informações, pessoas, objetos diversos</i>

O cotidiano cosmopolita incorpora máquinas que nos são indispensáveis e aumentam nossa eficiência individual ou coletiva de trabalho. Exemplo: as calculadoras eletrônicas e os celulares telefônicos. Em termos da criação artística, ideológica e de desenvolvimento sustentável, qualquer tecnologia tende a interagir com as demais correntes do pensamento humano, podendo se adaptar aos anseios coletivos ou individuais a que se destina, e mesmo modifica-los. Uma tecnologia é o retrato (ou um pacote tecnológico negociável) que se refere a um determinado momento ou evento importante para os seus interessados. As tecnologias mencionadas na Tabela 3 estão associadas com ramos científicos consagrado nos Século XX.

Tabela 3 - Segmentos tecnológicos em vigor na sociedade atual

(adaptado de Palatnik, 1992)

<i>GRUPOS DE INTERESSE</i>	<i>CIÊNCIAS BÁSICAS</i>	<i>ESPECIALIDADES TECNOLÓGICAS CONHECIDAS</i>
Objetos e materiais: Processos sociais :	<i>Físicas</i> <i>Químicas</i> <i>Biológicas</i> <i>Informática</i> <i>Psicológicas</i> <i>Psicossociológicas</i> <i>Sociológicas</i>	- <i>construção civil,</i> - <i>mecânica, industrial, de minas,</i> - <i>transportes, naval, aeronáutica, espacial,</i> - <i>elétrica, eletrônica, nuclear,</i> - <i>inorgânica, orgânica, bioquímica, ambiental;</i> - <i>cerâmicos, metalúrgicos, poliméricos, compostos</i> - <i>agronomia, medicina e bioengenharia</i> - <i>engenharias de sistemas e software</i> - <i>psiquiatria e pedagogia</i> - <i>psicologia industrial, comercial e bélica</i> - <i>sociologia e politicologia aplicadas,</i> - <i>urbanismo, jurisprudência</i>

Informação : Gerais :	<i>Econômicas</i> <i>Militares</i> <i>Comunicação</i> <i>Biblioteconomia</i> <i>Sistemas</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>ciências da administração e pesquisas operacionais</i> - <i>indústrias e produtos bélicos</i> - <i>imprensa escrita, irradiada e televisada</i> - <i>disseminação seletiva da informação</i> - <i>organização automatizada dos acervos</i> - <i>estudo do perfil do usuário</i> - <i>teorias de autômatos,</i> - <i>processamento da informação (informática)</i> - <i>dos sistemas lineares,</i> - <i>do controle e otimização</i>
--	--	---

6 – AS FUNÇÕES DOS TECNÓLOGOS, TÉCNICOS E OUTROS PROFISSIONAIS

Segundo Ferreira (1999), o **tecnólogo** pode ser o “indivíduo versado em tecnologia ou **tecnologista**”. Houaiss (2001) admite a mesma interpretação, porém, ambos não explicam o âmbito de suas funções. *Se a função do cientista é conhecer, enquanto que a do engenheiro é fazer (isto é, projetar e construir engenhos e/ou tecnologias), então, a função do tecnólogo seria aplicar?* Nossa resposta encontra-se, inicialmente, na Tabela 4, que também permite indagar: um tecnólogo deve ser formado em 4 (quatro) ou 5 (cinco) anos ?

Tabela 4 - As formas do conhecimento nas profissões oriundas da Física e Química
(readaptado de Zakon (1992), com base no texto original da Universidade Tecnológica de Pereira de 1990)

<i>ESTÁGIO EVOLUTIVO</i>	<i>CARACTERÍSTICAS</i>	<i>NÍVEL DO SABER</i>
1. ARTE	sabe-se fazer meio de formação: educação informal, treinamento escolaridade: <i>curso de treinamento ou aprendizado irregular</i> profissional: artesão, laboratorista	Habilidade
2 TÉCNICA	sabe-se fazer, com destreza e precisão meio de formação: escola técnica escolaridade: <i>segundo grau profissionalizante</i> exemplos de título: técnico mecânico, técnico químico,	Habilitação
3. CIÊNCIA	sabe-se como e porque ocorrem os fenômenos meio de formação: universidade tradicional escolaridade: <i>bacharelado, 3 anos</i> exemplos de título: físico, químico, bacharel em química	Habilitação
4. TECNOLOGIA	sabe-se fazer, com destreza, precisão e base científica meio de formação: CEFET ou universidade tecnológica ou plena escolaridade: <i>bacharelado com atribuição tecnológica, 4 anos</i> título: tecnólogo químico, engenharia industrial *	Habilitação
5. QUÍMICA INDUSTRIAL	sabe-se conceber, simular e desenvolver, com base científica, novos processos fabris de beneficiamento de matérias- primas e obtenção de produtos químicos e tratamento de rejeitos meio de formação: universidade tradicional escolaridade: <i>(engenharia) química industrial avançada, 5 anos</i> profissional: <i>(engenheiro) químico industrial</i>	Habilitação



6. ENGENHARIA	sabe-se conceber, projetar, montar, operar, executar e otimizar, com base científica, a instalação de equipamentos e aparelhos, e fabricar produtos químicos, mecânicos, elétricos, etc meio de formação: universidade tradicional escolaridade: <i>engenharia plena, 5 anos</i> título: <i>engenheiro químico, eng. mecânico, eng. Eletricista, etc</i>	Habilitação
---------------	---	-------------

* titulações que substituíram o profissional denominado “engenheiro de operação” (3 anos).

7. O TECNÓLOGO VISTO COMO “PÓS-TÉCNICO”

Segundo o Prof. Edmar de Oliveira Gonçalves, ex-diretor do CEFET-CSF, da Direção do Ensino Médio do MEC e da ETFQ-RJ, o *tecnólogo* é o chamado “*pós-técnico*”, e foi objeto de um trabalho desenvolvido em 1970. Coordenando um grupo de trabalho, instituído pela Diretoria do Ensino Industrial, êle orientou a publicação de um trabalho sobre os “cursos pós-técnicos”, que era objeto de um futuro empréstimo do Banco Interamericano para as ETF’s (Escolas Técnicas Federais). A idéia, com o advento da Lei nº 3552, era oferecer ao técnico o retorno à escola para receber novos conhecimentos, a fim de adaptar-se a novas situações de mercado. Mas a idéia não frutificou. A idéia do tecnólogo nasceu quando nós tivemos uma ajuda para a primeira escola (a Celso Suckow da Fonseca - CSF), em que a Fundação Ford investiu para formar um profissional (cuja denominação ela não definiu) em dois anos, após o término do curso técnico. Essa idéia foi muito questionada e chegou-se à conclusão que dois anos era pouco. Surgiu, então, o engenheiro de operação, em três anos, que também acabou por não vingar, em razão, sobretudo de pressões por parte dos cursos de engenharia plena (cinco anos). Desde então, a idéia do tecnólogo, permanece, mas, até hoje, não se definiu um perfil, nem mesmo sua real necessidade é totalmente clara (Gonçalves, 1996).

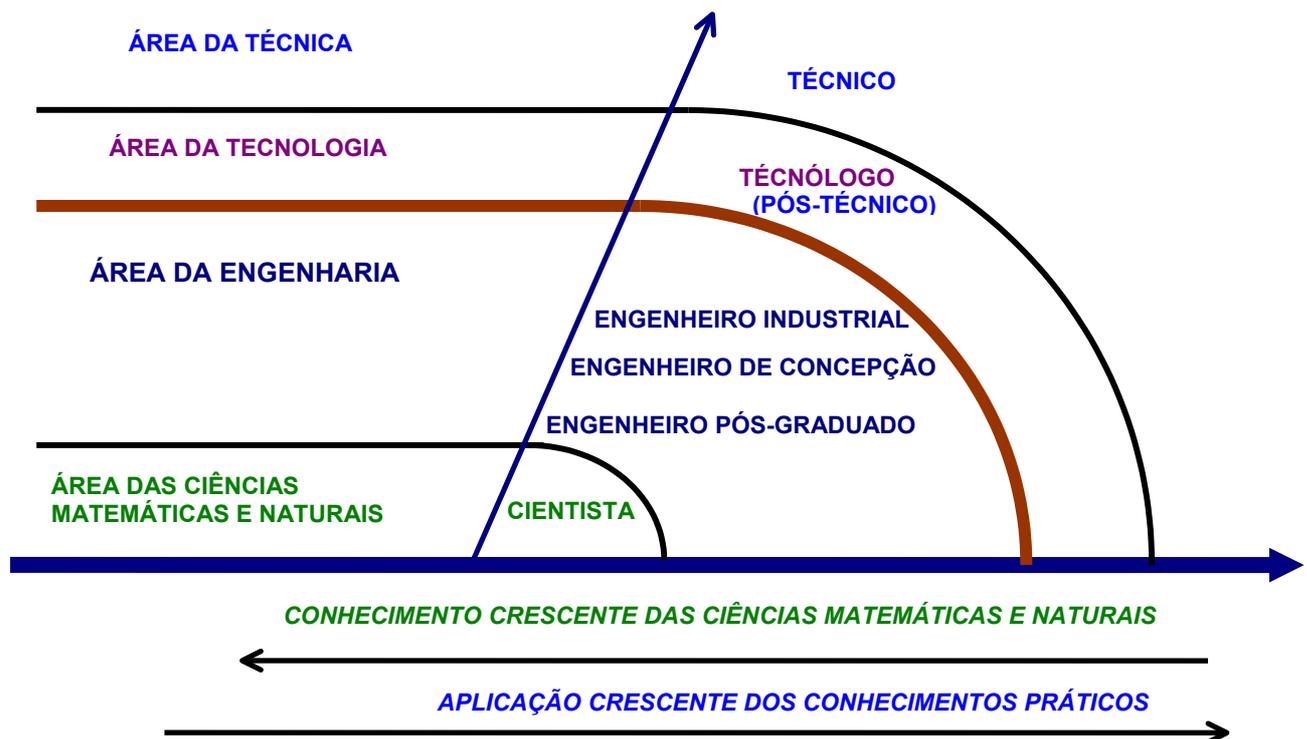
Segundo Cláudio Moura e Castro (2001), *a LDB (de 1996) tornou possível a reforma (do ensino técnico), sem aprovar uma lei regular do congresso e sem mudar a Constituição. A LDB permitiu executar a reforma dentro de um âmbito politicamente muito mais fácil (do ponto de vista burocrático e administrativo) de fazer reformas que são os decretos presidenciais e portarias ministeriais. O técnico, que era de nível médio, foi empurrado para uma categoria meio ambígua de “pós-médio”, pois requer o diploma de médio (que pode ser obtido de forma concomitante). Não é mais médio, mas não é superior, tampouco. Seu atrativo é ser um curso de um ano, em comparação com o seqüencial e o tecnólogo que duram no mínimo dois.*

No entanto, ao longo do Século XX, o caminho natural dos técnicos em termos de “educação continuada” incluiu as universidades. Por exemplo, na Escola de Química da UFRJ, os egressos das Escolas Técnicas compuseram nas últimas décadas a fração dos melhores alunos, tanto em nível de aproveitamento quanto de amadurecimento acadêmico e profissional, o que também ocorreu em vários cursos de engenharia. Ou seja: os cursos superiores de engenharia plena são autênticos cursos pós-técnicos, pois os engenheiros são capazes de criar, aplicar e desenvolver tecnologias sem complicações e prejuízos. Porém, os cursos formadores de tecnólogos surgiram como novas alternativas de cursos pós-técnicos.

8. FORMAÇÃO DOS CIENTISTAS, ENGENHEIROS, TECNÓLOGOS E TÉCNICOS

Segundo Vieira (1981, in: Vieira, 1982), os profissionais da área da Engenharia – em termos filosóficos, ou conceituais – localizam-se na faixa intermediária entre a aplicação crescente dos conhecimentos práticos e, em contraposição, o conhecimento crescente das Ciências Matemáticas e Naturais (Figura 2). O **engenheiro pós-graduado** é aquele que está se deslocando no sentido do conhecimento crescente das Ciências Matemáticas e das Ciências Naturais, como por exemplo, Física e Química. O **engenheiro industrial** é aquele que está se deslocando para o setor da aplicação crescente dos conhecimentos práticos. O **engenheiro de concepção** situa-se entre os anteriores. Nesse quadro, o tecnólogo é visto como pós-técnico e próximo ao engenheiro industrial. O engenheiro é, sempre foi e será, um criador e pesquisador devido à natureza de sua formação superior sustentada por uma grande base científica. Se o engenheiro não for capaz de criar e conceber na sua vida profissional, deixa de ser, na prática, um engenheiro, e termina por ocupar cargos burocráticos ou inferiores, desvalorizando sua profissão.

Figura 2 – Os profissionais de pesquisa, concepção e atuação envolvidos com indústrias
(adaptado de Vieira, 1981 in: Vieira, 1982 e de Gonçalves, 1996)



Para Vieira (1981, in: Vieira, 1982), era muito difícil fazer distinções nítidas entre todas essas categorias porque (naquela ocasião) elas constituíam um espectro contínuo e não conjuntos discretos. Segundo ele, nada impede, na prática, que um tecnólogo, até pelas suas características pessoais, atue como um verdadeiro engenheiro industrial. Se tiver capacidade de liderança, dotes pessoais, iniciativa, etc, acabará assumindo funções que competiriam mais apropriadamente ao engenheiro, sem dúvida nenhuma. Da mesma maneira, não adianta dizer que estamos formando um engenheiro de concepção, um engenheiro “pleno”, em uma universidade qualquer, se aquele elemento em si não tiver as características que o tornem um elemento inovador, criativo, criador de tecnologia, projetista de sistemas complexos ou



planejador. Não adianta, porque não é o diploma na mão que vai torná-lo um engenheiro de concepção.

No entanto, essas hipóteses não conseguem ocultar um fato frequente: a procura dos profissionais habilitados em cursos técnicos ou superiores de menor duração pelas faculdades de engenharia plena para reforçar sua base científica e ampliar sua capacitação formal e real no mercado. Outrossim, existem técnicos que se graduam na engenharia e pós-graduem em cursos “stricto sensu” de mestrado e doutorado. Também, entendemos que a formação profissional visa a transformação do ser humano em profissional e cidadão. É certo que não será o diploma que irá credenciá-lo em engenheiro de qualquer tipo, mas o que concorrerá fundamentalmente para isso será a qualidade do curso. Se o curso possui um projeto pedagógico adequado para formar um “engenheiro”, dependerá do aluno e da qualidade do trabalho da instituição a garantia da formação do perfil proposto, do contrário, ou ele será eliminado do curso, ou o curso cairá em descrédito. Por outro lado, se o diploma de engenheiro pleno não garante a tal formação, que dirá o diploma de tecnólogo, que provém de um curso de muito menos base científica: seria a contradição do conceito de educação. Partindo-se do princípio, de que nossa análise considera somente cursos idôneos e de qualidade, é claro que os de engenharia plena sempre formarão engenheiros com perfil mais completo. Não se poderá depender da formação paralela ou “extra-curricular” de cada aluno, ou de outras experiências de vida que lhe aportem características de engenheiro. Cabe ao curso e à instituição formá-lo com o perfil que o currículo objetiva. Para isso existem os cursos. Se admitirmos que os diplomas não garantem a formação, então, todos os cursos que concedem diplomas por mérito deveriam ser extintos, o que é inadmissível.

*Ainda para Vieira (1981, in: Vieira, 1982), da mesma maneira quanto ao pós-graduado e ao cientista. Há necessidade de desenvolvimento das características pessoais próprias, inerentes à pessoa, para que ela então assuma as várias posições possíveis nesse espectro todo. Ele desejava caracterizar a diferença entre o **engenheiro pós-graduado** (que é um engenheiro de concepção que se volta para coisas mais científicas), o **engenheiro de concepção** (que é o planejador, o projetista, por excelência, o elemento das grandes idéias criativas), o **engenheiro industrial**, que seria basicamente o elo de ligação entre os anteriores e o **tecnólogo** (que por sua vez é o elemento que vai executar propriamente). Muito embora também na vida do engenheiro industrial haja muito de execução, existiria uma distinção muito grande entre ele e o tecnólogo – vide Tabela 5 (Vieira, 1981 in: Vieira, 1982). Discordamos desse autor porque: 1º - a formação plena atual adquirida pelo engenheiro incorpora uma ampla e crescente base em Matemática, Física e Computação e permite que ele se envolva com atividades científicas, e de planejamento e projeto; 2º - as funções executivas são habitualmente atribuídas a técnicos; 3º - sendo os tecnólogos profissionais de nível pós-técnico, no final das contas, continuam sendo “técnicos”.*

9. A IMPORTÂNCIA DA ENGENHARIA, DOS ENGENHEIROS E TECNÓLOGOS

Poucos profissionais são capazes de pensar, refletir, questionar e resolver problemas sem uso de rotinas pré-estabelecidas, como fazem os engenheiros. Alguns exemplos de profissionais que conseguem são: o educador, o filósofo, o físico, o matemático, o químico. Mas, em geral, nas demais profissões, o dia a dia é repetição de rotina. A ciência específica é produzida por alguns deles que se dedicam à pesquisa e pela associação com outros profissionais. A Engenharia é a área que incorpora ao profissional uma formação das mais completas e com maior autonomia, pois lida com Física, Matemática, Computação, Economia, Administração, Meio Ambiente, Biologia, Agronomia, etc. Se as faculdades ou



escolas de engenharia sofrerem reduções orçamentárias – como vem ocorrendo com as universidades públicas federais - ou se a criação de “cursos superiores com carga e conteúdo curriculares reduzidos” diplomar profissionais para competir por oportunidades de emprego próximas mas com salários diferentes, o resultado será benéfico para algumas empresas mas prejudicial para a sociedade.

A criação dos cursos de formação de tecnólogos foi estimulada e apoiada pelo BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento) e, segundo Castro (2001), *“ao contrário das escolas técnicas de toda América Latina que se limitam ao ensino, os CEFETs e o SENAI, se meteram em uma área de pesquisa e desenvolvimento, ocupando um espaço deixado em branco pelas escolas de engenharia. Estas, na verdade permanecem como cursos tecnológicos de orientação genérica, com pitadas de tecnologia - lida nos livros.”* Esse comentário revela como cresceram os esforços de ocupação dos espaços de atuação originais das faculdades, escolas e cursos de pós-graduação de engenharia pelas instituições de ensino técnico (anteriormente nível médio), e hoje transformadas em centros de ensino tecnológico e admitidas como nível superior.



Tabela 5 – O Engenheiro de Concepção, Engenheiro Industrial e Tecnólogo

(Vieira, 1981 in Vieira, 1982)

MODALIDADE	DEFINIÇÃO
Engenheiro de Concepção (Professional Engineer) *	<ul style="list-style-type: none"> - <i>habilitado a aplicar o método científico à análise e solução de problemas de Engenharia;</i> - <i>deverá ser capaz de assumir responsabilidade pessoal no desenvolvimento e na aplicação de matérias de formação básica e profissional geral, particularmente na pesquisa, no projeto, na construção, na direção, na supervisão, e no ensino de Engenharia;</i> - <i>sua atividade será predominantemente intelectual e multiforme e não de caráter rotineiro, nem manual, exigindo o desenvolvimento de pensamento criador e senso crítico, bem como capacidade de supervisionar o trabalho técnico e administrativo de outros;</i> - <i>deverá estar capacitado a acompanhar estreita e continuamente o progresso de sua área, mediante a consulta de bibliografia internacional atualizada, podendo assimilar e aplicar independentemente tal informação, de forma a poder também contribuir para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia;</i> - <i>deverá Ter adquirido conhecimento amplo e geral das matérias de formação profissional geral e de formação profissional específica em sua área;</i> - <i>com o passar do tempo, deverá estar apto a prestar consultoria técnica e assumir a responsabilidade pela direção de importantes tarefas em sua área.</i>
Engenheiro Industrial	<ul style="list-style-type: none"> - <i>habilitado à supervisionar setores especializados da indústria e encargos normais de produção industrial;</i> - <i>caracterizado por uma formação predominantemente prática, necessária à condução dos processos industriais, à gerência ou supervisão das industriais, à direção da aplicação da mão-de-obra, às técnicas de utilização e manutenção de equipamentos, enfim, às atividades normais ou de rotina das indústrias.</i>
Tecnólogo na área da Engenharia **	<ul style="list-style-type: none"> - <i>habilitado a aplicar os métodos e os conhecimentos científicos e tecnológicos em combinação com sua destreza manual, para a solução de problemas de Engenharia;</i> - <i>sua atividade visará aplicar métodos e conhecimentos consagrados (conhecidos), normalmente não abrangendo o desenvolvimento de novos princípios e métodos;</i> - <i>sua formação deverá ter exercitado aptidões para o desempenho de tarefas técnicas, como por exemplo, o desenho;</i> - <i>sua atuação é de apoio à execução de dos projetos e à operação dos sistemas de engenharia, independentemente de desempenhar ou não suas atividades sob a supervisão imediata de profissional da área de Engenharia de outra categoria;</i> - <i>deverá ter adquirido conhecimento profundo das matérias de formação profissional específica restritas a área bem delimitada de sua atuação. ***</i>

* Sociedades de Engenharia da Europa Ocidental e dos Estados Unidos (em THE COUNCIL OF ENGINEERING INSTITUTIONS – The general requirements for the training and experience of engineers for chartered status, Education and Training; London, 1975)

** Sociedade Americana de Ensino de Engenharia (em AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION - Characteristics of excellence in engineerign technology education, The Evaluation of Technical Institute Education, Washington, 1962).

*** Esta ressalva tem sido aceita no âmbito do Conselho Federal de Química.

10. AS DIFERENÇAS ENTRE TÉCNICOS E ENGENHEIROS

Os cursos universitários diferem dos cursos técnicos de nível médio e dos cursos de tecnólogos por se basearem numa formação com ampla base teórica e científica. Nos cursos de nível médio e de tecnólogo a base teórica é constituída de conteúdos mínimos que permitem a operacionalização das profissões, enquanto nos cursos de nível superior pleno - de 5 ou 6 anos - os conteúdos visam formar profissionais que possam refletir sobre a realidade e sobre os problemas que irão enfrentar na profissão. Eles também se constituirão na pedra fundamental da criação e da crítica sobre a ciência e sobre a técnica. Ainda assim, existem



curso universitário, que possuem bastante atividades operacionais, constituídas de ações de manipulação direta sobre a natureza, sobre objetos, animais ou pessoas. É o caso de cursos de odontologia, medicina, biologia, agronomia, veterinária, química industrial, etc. As ações operacionais podem resultar, além daquelas decorrentes de projetos, pesquisas e estudos, do acúmulo de conhecimento tecnológico adquirido pelos seus usuários (mesmo em lugares diferentes, por meio de intercâmbio).

Muita gente entende que o bom engenheiro é aquele que sabe atuar como um técnico de nível médio. Essa competência é proveitosa, mas não é obrigatória na formação do engenheiro. A formação em engenharia visa capacitar profissionais para observar, pensar, criar, refletir, criticar, projetar, comandar, liderar e fazer executar.

Os cursos de engenharia são ministrados em duas partes: ciclo básico (2 anos iniciais) e profissional (3 últimos anos). A partir dos anos 60, a graduação se tornou cada vez mais científica do que operacional. Tal transformação deve-se aos avanços da ciência e da engenharia no Brasil e devido à criação de programas de pesquisa e pós-graduação. Esse decréscimo da característica operacional desmotivou vários alunos que ingressavam nos cursos de engenharia. Por isso, na área de "Educação em Engenharia" surgiu a preocupação de se remodelar os currículos, inserindo matérias mais profissionais no início do curso. A disciplina "Introdução à Engenharia" passou recentemente a ser usada para tal fim.

No entanto, não é possível formar o aluno em um período apenas. Ele não tem a base científica e teórica necessária. Além disso, se atendêssemos a esse desejo de ver a matéria na prática, tal como um técnico faz, faríamos de forma errada. Primeiro, porque não é esta a nossa formação (como engenheiro-professor), segundo porque estaríamos criando preconceitos, através de adestramentos em rotinas, que bloqueariam a criatividade do aluno, atrasando o seu crescimento científico. Nas aulas de "Introdução à Engenharia Elétrica" - circuitos elétricos, não há necessidade de se ver os componentes na prática. A prática de laboratório tem finalidade ilustrativa e motivadora, para que os alunos comprovem o exposto nas aulas. O pouco da teoria de circuitos ministrada faz parte da prática do engenheiro eletricitista. Se o aluno estudou resistência em corrente contínua, no segundo grau, e não precisou de aula de laboratório para aprender, e não necessita de aula prática para aprender circuitos com corrente alternada, que contém indutâncias e capacitâncias. O que interessa é conhecer a relação tensão x corrente de cada elemento e aplicar as leis de circuito. O laboratório é útil para comprovar que as ferramentas matemáticas funcionam. Esta matéria - resolver circuitos - é a ferramenta prática mais corrente na profissão do engenheiro eletricitista.

11. AS DIFERENÇAS ENTRE TECNÓLOGOS E ENGENHEIROS

A questão do tecnólogo é muito problemática. Os limites de atuação dos técnicos e engenheiros são bem conhecidos há mais de um século. No caso das telecomunicações, admite-se que um tecnólogo possa receber melhor formação que um técnico. No entanto, nas concepções curriculares atuais, já se percebe que o tecnólogo carecerá de bases científicas (a exemplo dos seus precursores de Engenharia Operacional) quando se defrontarem com novas tecnologias. Na década de 80, os engenheiros operacionais - contratados numa importante indústria de eletrônica industrial no Rio de Janeiro, para trabalhar em transferência de tecnologia, projetos, construção e fornecimento de equipamentos para telefonia e telecomunicações - apresentavam deficiências teóricas em Matemática e Eletromagnetismo Moderno, pois sua base científica de graduação era insuficiente para entender as inovações adquiridas via contratos de transferência de tecnologia. A criação posterior dos cursos de Engenharia Industrial adotou a duração de 4 anos, certamente, para compensar algumas dessas deficiências curriculares. Assim, um tecnólogo formado em 2 a 3 anos pode ser



competente nos trabalhos práticos compatíveis com seu aprendizado recente, mas, pode se transformar num profissional de utilidade transitória e num futuro desempregado. É notório que as tecnologias de “hardware” e “software” em telecomunicações estão mudando rapidamente em informática, da telefonia convencional e celular, da televisão convencional e digital... Assim, muitos tecnólogos terão de se reciclar, pois alguns dos seus currículos de formação terão vida curta. Essa tendência revela a necessidade de se prover uma base científica sólida e crescente para uma graduação de nível universitário, preferencialmente em 5 anos.

De fato, os bacharelados em ciências sempre foram ministrados para formar pesquisadores com uma base científica duradoura. Por exemplo, hoje o Instituto de Química da UFRJ ministra o curso de Químico em 5 anos. Para nós, e em outros países, um curso de bacharelado ou de engenharia deve ser muito exigente, porque a diferença quantitativa - 5 a 6 resulta numa repercussão qualitativa que significa garantia de retorno de investimento social. Na área de telecomunicações, foi a formação plena dos engenheiros brasileiros atuantes no mercado que lhes possibilitou absorver as novas tecnologias das estações digitais, transmissão por satélite, as fibras ópticas e os celulares. Assim, o tecnólogo pode ser melhor que um técnico de nível médio, mas jamais será igual a um engenheiro pleno, devido ao abismo curricular entre os seus cursos de graduação. Os engenheiros com mestrado e doutorado são e serão sempre engenheiros. Isso pode ser constatado no FERMILAB, pela pergunta de um engenheiro americano a um dos autores: - “Você é engenheiro, não é? Então você entende nossos avanços científicos e a nossa pesquisa”. E a gente entendia e aprendia de imediato, porque possuíamos a base de conhecimentos em Matemática e Física. Qualquer tecnologia nova envolve uma ampla base de matemática, física, química e computação. Assim, é muito difícil encurtar ou reduzir um currículo de 5 anos, que já se revela insuficiente no Século XXI. É irônico constatar que ao invés de se ampliar os cursos de engenharia para 6 anos, procura-se reduzi-los para 4 anos.

7. CONCLUSÕES E QUESTÕES A DISCUTIR

1^a - A formação plena atual adquirida pelo engenheiro incorpora uma base ampla e crescente em Matemática, Física e Computação e permite que ele se envolva com atividades científicas, e de planejamento e projeto em áreas variadas.

2^a - A criação de cursos superiores de tecnologia, amparada pela legislação existente e crescente, é discutível pois não se respalda no mesmo conteúdo curricular científico dos cursos superiores de ciências e licenciatura nas áreas correlatas.

3^a - As funções executivas são habitualmente atribuídas a técnicos e poderão ser compartilhadas por tecnólogos.

4^a - Os cursos superiores de tecnologia vislumbram novas demandas de profissionais de nível superior em diversos segmentos fabris porém, sua vida útil poderá ser curta e os tecnólogos correm o risco de serem descartáveis, a menos que se reciclem continuamente.

5^a - Admite-se que os tecnólogos irão buscar os cursos de engenharia para adquirir uma formação plena, do mesmo modo que vários técnicos e engenheiros operacionais já fizeram.

6^a - A legislação prevê que os tecnólogos serão formados em CET's, e isto resultará numa nova distribuição de verbas em função da produtividade institucional.

7^a - Questões a discutir: (a) o que ocorreria se as escolas e faculdades de engenharia decidissem graduar tecnólogos; (b) a formação de tecnólogos interessa às universidades federais e estaduais?; (c) um tecnólogo poderá cursar uma pós-graduação numa área de Engenharia sem ter adquirido a formação científica num curso pleno de 5 anos ?; (d) será que



os alunos que necessitam se sustentar poderiam ingressar no mercado de trabalho mais cedo com um diploma de tecnólogo para completar seus estudos plenos posteriormente ?.

8ª – Os tecnólogos são profissionais de nível pós-técnico e, no final das contas, continuam sendo “técnicos”.

REFERÊNCIAS

- 1 – HOUAISS, A.; VILLAR, M.S.; FRANCO, F.M.M. – *Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa* – Instituto Antônio Houaiss, Editora Objetiva, – Dezembro de 2001.
- 2 - FERREIRA, A.B.H. – **Dicionário Eletrônico Aurélio** – Século XXI – Lexikon Informática e Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, Novembro de 1999.
- 3 – ZAKON, A.; SZAJNBERG, M.; NASCIMENTO, J.L. - *A Expansão das Ciências Naturais e das Engenharias em 2001* - Anais em CD do COBENGE.2001, XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, COBENGE 2001, Centro de Eventos da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 19 A 22 de setembro de 2001.
- 4 - SZANJBERG, M. e ZAKON. A. - **A Introdução às Ciências Naturais e o Ensino de Física e Matemática para as Engenharias** - III Encontro Íbero Americano de Dirigentes de Instituições de Ensino de Engenharia - ASIBEI 2001, Associação Bras. Ensino de Engenharia – ABENGE, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 02 a 05 de dezembro de 2001.
- 5 - CABRAL, U.Q.; BITTENCOURT, J.G.L.; LONGO, W. P. - "**Curso de Administração em Ciência e Tecnologia**", NIT/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1986 (anotações efetuadas durante as conferências por Abraham Zakon).
- 6 - SOUZA SANTOS, P. - **Conceituação do ensino da engenharia química - Revista Brasileira de Engenharia Química, 4 (3/4); 14 (1980).**
- 7 - PALATNIK, M. - **Ética e nova genética** - in: Ciência em dia, Ciência Hoje, 15 (85);8 outubro/1992.
- 8 - ZAKON, A. - **Horizontes para os iniciantes em Química - Informateq, X (22):3 jan/fev (1992).**
- 9 - ZAKON, A. - **Quem pode desenvolver uma Tecnologia Química ? - Informateq, X (27):3 novembro/dezembro (1992).**
- 10 - UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA, **Escuela de Tecnologia Química - Programa Académico** - Comunicado por Prof. Oscar M. M. Martinez, Colômbia, 1990.
- 11 - ZAKON, A. - **A Expansão da Engenharia Química no terceiro milênio visando a geração de processo, o desenvolvimento e otimização de processos e a atuação industrial** - VI Encontro de Educação em Engenharia, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro e Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Itaipava, RJ, 27 de novembro 01 de dezembro de 2000.
- 12 - GONÇALVES, E. O. - **O Passado e o Futuro do Ensino Técnico no Brasil (Entrevista) - Informateq XIII (34):2-3 Jan/fev/mar (1996)**
- 13 - CASTRO, C. M. – Palestra – Anais do Encontro Nacional da Educação Profissional "Cidadania e Trabalho", SEMTEC/PROEP –MEC,São Paulo, 08 e 09 de outubro de 2001 – www.mec.gov.br/semtec/proep/a_textos.htm, texto colhido em 05 de junho de 2003.
- 14 - LDB-1996 - **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional-** Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, colhida em 30 de dezembro de 2002 do “site” www.mec.gov.br .
- 15 - VIEIRA, R.C.C. – **Orientação Filosófica e Curricular dos Cursos de Engenharia Industrial** – transcrição de conferência proferida em 05/10/1981, in: ABENGE – **Formação do Engenheiro Industrial** – Coordenador e Compilador: Engº Rui Corrêa Vieira, Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, São Paulo, Junho de 1982.