



Vol. 4 nº 8 jul./dez. 2009
p. 181-196

FORMAÇÃO E INSERÇÃO PROFISSIONAL DE ENGENHEIROS: UM OLHAR MATERIALISTA HISTÓRICO

Zinara Marcet de Andrade Nascimento¹
(Universidade Federal do Paraná)

Resumo: A engenharia desempenhou papel importante no decorrer do processo de humanização. Nos últimos anos sua relevância foi acentuada. Mostrar que este fenômeno não é não espontâneo, mas sim uma construção social plena de contradições é objetivo deste texto. Considera-se necessário um breve resgate histórico da profissão para a compreensão da atual fase de formação e inserção produtiva da categoria. Como aporte teórico-metodológico utiliza-se o materialismo histórico. Consta-se que no Brasil a engenharia mantém a tradição de importação, gerenciamento e adaptação de tecnologias.

Palavras-Chave: Engenharia; Formação profissional; Inserção profissional.

FORMATION AND LABOUR MARKET INSERTION OF ENGINEERS: A HISTORICAL MATERIALIST POINT OF VIEW

Abstract: Engineering has performed an important role in course of humanization process. This paper aims to show that this phenomenon is not spontaneous, but is instead a social construction full of contradictions. A brief historical review of the engineering profession is necessary for the understanding of its formation and insertion in the labour market. The paper rests upon historical materialism as its theoretical-methodological foundation. The evidence shows that in Brazil engineering keeps the tradition of importation, management and adaptation of technologies.

Keywords: Engineering; Professional formation; Labour market insertion.

1. INTRODUÇÃO

Por onde você passa, tem trabalho de engenheiro.
Allen Habert

As mudanças causadas pelos avanços científicos e tecnológicos, em especial a partir da década de 70, acentuaram a importância atribuída aos engenheiros. O motivo está na formação complexa desses profissionais, altamente qualificados, capazes de produzir inovações, vantagens competitivas nas sociedades capitalistas.

Mostrar dialética e historicamente a construção social da formação e da inserção dos engenheiros é o objetivo deste artigo. Por tal razão, buscou-se evidenciar a relação entre as diferentes fases de formação e atuação dos engenheiros e os correspondentes avanços das forças produtivas ao longo do processo de humanização. Utiliza-se como aporte teórico-metodológico o materialismo histórico.²

Verifica-se que recentemente a categoria incorporou atribuições e responsabilidades inerentes ao novo perfil de trabalhador e demandas de organização e gestão do trabalho da atual fase da acumulação capitalista. No que diz respeito ao Brasil, é possível perceber que a formação e inserção de engenheiros tem como tradição a gestão da produção e a adaptação de inovações dos países centrais.

2. DOS PRIMEIROS TEMPOS AO ENGENHEIRO-ARTISTA

A “engenharia” entendida como ato, ou arte, de engenhar é tão antiga como a própria humanidade que, em decorrência das suas necessidades imediatas, criou formas para sobreviver e enfrentar as adversidades da natureza. Ao exercitar a engenhosidade por meio do trabalho, a espécie humana diferenciou-se das demais ao desenvolver objetos e técnicas que lhe ajudassem a sobreviver e superar suas limitações físicas.

Logo, como atividade social, resultante das demandas coletivas, a engenharia é anterior à Antiguidade Clássica³, embora o termo “*Ingenium*” tenha origem no latim e signifique a faculdade humana de idear coisas fora do comum. Pode-se afirmar, portanto, que o desenvolvimento da engenharia está diretamente relacionado ao potencial produtivo, objetivado em técnicas, mesmo que rudimentares, e no trabalho humano, fonte de produção de conhecimentos e satisfação das mais variadas necessidades sociais.

O antecessor do engenheiro foi o engenhoso do alvorecer da civilização, habilidoso, que, instigado pela sua interação com a vida, criava instrumentos e soluções possibilitados pela experiência e conhecimentos acumulados no decorrer da intermediação com o seu *habitat* e com os outros homens.

Desta forma, os primeiros engenhosos, a partir da observação dos fenômenos existentes e da prática⁴, aprenderam e ensinaram a utilizar os recursos naturais. Foram criadas as alavancas, as rodas, as engrenagens, as ferramentas e algumas técnicas que possibilitaram melhores formas de transportes, agricultura, vestuário, moradia, comunicação, saúde, lazer, bem como as condições que poderiam aliviar a labuta cotidiana⁵ e coletiva. Porém, esta forma de produção do conhecimento e de desenvolvimento do potencial engenhoso, que podia ser vivenciada por todas as pessoas de uma coletividade, foi modificada à medida que as organizações sociais se complexificaram e aumentaram a produção de valores de uso.

Apesar de todo o trabalho necessário estar consubstanciado em planejamento e execução, portanto, em capacidade intelectual e manual, com o aumento das necessidades, com respectivo aumento de tarefas, a divisão social do trabalho foi estabelecida sob dois aspectos: trabalho manual e trabalho intelectual. A minoria liberada do trabalho manual era a proprietária dos meios de produção e controlava os equipamentos e o uso das matérias-primas.

A engenhosidade, que depende da interação entre trabalho manual e intelectual e recorre ao uso das ferramentas e técnicas, restringiu-se cada vez mais, possível somente para aqueles que tinham tempo para o ócio e podiam dedicar-se às várias artes. Aos demais cabia educar-se no e pelo trabalho (SAVIANI, 1992). Sob a divisão social do trabalho, os primeiros denominados de engenheiros foram os “artistas” da época do Renascimento que “engenhavam” e por isso foram chamados de artistas-engenheiros: “O artista do Renascimento, homem universal, levou longe sua sede de conhecimento. Transformou-se também em engenheiro e técnico de grande capacidade inventiva – e plenamente ciente de suas qualidades” (ABRÃO, 1999, p.146).

Com o Renascimento, intervalo entre os séculos XI e XIV⁶, uma época marcada pela agudização das contradições do modo de produção feudal, que tem como uma de suas conseqüências o desenvolvimento do comércio, houve significativo aumento da produção de mercadorias e desenvolvimento das forças produtivas:

É o caso da melhoria dos veículos de tração animal, com a introdução do jogo dianteiro móvel, de sistema de suspensão ou de roda livre com eixo fixo. Mais notável foi o avanço da navegação. É a construção de caravelas – junto com a invenção da bússola, o uso do astrolábio ou de mapas mais precisos – que possibilita viagens cada vez mais distantes, o que acaba levando ao Novo Mundo. Na metalurgia, as inovações técnicas atingem desde o processo de extração dos minérios até seu beneficiamento, por meio da fundição em alto-forno. Os objetos de ferro tornam-se comuns, e com isso, novos hábitos introduzem-se na vida cotidiana – portas trancadas a chave e o uso de garfos de mesa são dois exemplos. A metalurgia e a siderurgia também fornecem a matéria-prima para a fabricação de relógios mecânicos, uma invenção do século XIV –, tão indispensáveis nessa época em que o cálculo do tempo e os negócios caminham cada vez mais juntos. O ferro também possibilita a invenção de máquinas que contribuem para a mecanização da indústria têxtil e o desenvolvimento da indústria de armamentos. (ABRÃO, 1999, p. 148)

Sob tais circunstâncias, a burguesia em germe precisou “letrar-se”, condição indispensável para gerir e controlar a propriedade privada e os lucros. Como exemplo de homem educado dessa época, tem-se Leonardo Da Vinci (1452-1519), o qual, segundo Engels, “(...) era não só um grande pintor, mas também um grande matemático, mecânico e engenheiro, a quem os mais variados ramos da física devem importantes realizações” (ENGELS, 1985, p. 16), pois não estava submetido à divisão do trabalho, limitativo e tendente à uniteralidade. A engenharia apoiava-se nas chamadas **artes mecânicas**⁷ e não contava com uma formação específica, atribuindo-se a engenhosidade, sobretudo, à criatividade. Os registros indicam que “em 1506, foi fundada em Veneza – pelo holandês Adrian Willart (1490-1562) – a primeira escola dedicada à formação de engenheiros e artilheiros” (BAZZO, PEREIRA, 2006, p.75).

Assim, apesar de os artistas-engenheiros transcenderem o aspecto prático dos artesãos que tacitamente dominavam o processo de trabalho e, portanto, mantinham a unidade entre trabalho intelectual e trabalho manual, eles faziam parte da “ciência” renascentista que, ao estudar as ciências físicas e naturais com suas possíveis aplicações, tinham por base a observação da natureza e o predomínio da empiria⁸. Porém, o ensino de engenharia interessava à classe dominante e prosperou para avançar na elaboração dos meios de produção. Não é por outra razão que em Portugal, no século XVI, na Escola de Santo Antão, havia a Aula da Esfera “onde se ensinava matemáticas, aplicadas às fortificações (engenharia) e à navegação” (TELLES, 1984, p.65).

3. OS ENGENHEIROS MILITARES E A INCORPORAÇÃO DA CIÊNCIA

A partir do século XVII⁹, quando as relações comerciais se intensificaram e impuseram um significativo aumento da produção de mercadorias, em razão das novas necessidades de organização da produção, transcendendo da cooperação¹⁰ para a manufatura¹¹, com suas respectivas relações sociais e a intensificação da divisão técnica do trabalho, a ciência avançou. A matemática e a engenharia deram saltos importantes: René Descartes, em 1637, publicou o primeiro tratado de geometria analítica e formulou as leis de refração; em 1642 Blaise Pascal construiu a primeira máquina de calcular (BAZZO, PEREIRA, 2006); em 1660 surge a lei de Hooke, princípio básico da resistência dos materiais; em 1674, Newton e Leibniz descobriram o cálculo infinitesimal, fundamental na análise matemática (TELLES, 1984).

A divisão entre trabalho manual e intelectual limitou o trabalhador individual ao retirar-lhe o controle do processo de trabalho¹², mas, contraditoriamente, trouxe as condições objetivas para a criação de máquinas que contribuíram para o aumento da proporção de trabalho não-pago, bem como “desenvolveu os primeiros elementos científicos e técnicos da grande indústria.” (MARX, 1988, v. 2 p.9), necessitando de trabalhadores qualificados para tal.

Os meios de produção tornaram-se cada vez mais complexos e o conhecimento científico¹³, a física e matemática, essenciais para a engenharia, foram apropriados de acordo com os interesses da burguesia, empregados na manutenção da ordem, na extração da mais-valia e na proteção da propriedade privada, materializada na instituição do exército, ocasião em que o termo engenheiro passou a ser utilizado “com a acepção de quem é capaz de fazer fortificações e engenhos bélicos” (TELLES, 1984, p.4). O ensino de engenharia estava estreitamente vinculado às forças armadas e, conseqüentemente, “a necessidade de realizar obras que fossem ao mesmo tempo sólidas e econômicas e, também, estradas, pontes e portos para fins militares forçou o surgimento dos oficiais-engenheiros e a criação de corpos especializados de engenharia nos exércitos. (TELLES, 1984, p.2). O primeiro tratado de engenharia, *La Science des Ingénieurs*, foi escrito em 1729 pelo engenheiro militar francês Geneneral Belidor, o qual constituiu um clássico da engenharia por muito tempo e teve várias edições (TELLES, 1984).

Porém, importa destacar que foram as contradições inerentes ao modo de produção capitalista, ao gerar a produção excedente de mercadorias para as trocas comerciais e levar as nações mais fortes - Portugal, Espanha, França e Inglaterra - de meados do século XVII até quase o fim do século XVIII, a relações de concorrência e luta comercial, o que gerou a criação de novos conhecimentos voltados às necessidades daquele momento. Ao guerream, principalmente via marítima, exigiram o empenho de seus engenheiros em instrumentos e estratégias de guerra. Além da necessidade de artefatos bélicos, a produção de mercadorias necessitava circular para concretizar a mais-valia, o que demandou a construção de veículos, pontes, estradas, portos, canais muitas e outras benfeitorias, requerendo a força de trabalho especializada dos engenheiros.

Como se percebe, são as questões práticas que impulsionam os novos conhecimentos e, conseqüentemente, revolucionam o processo produtivo. A máquina a vapor, considerada decisiva no desenvolvimento da engenharia, surgiu em virtude da necessidade de bombear as águas das profundas minas de carvão, fonte de energia que alimentava os fornos das indústrias. Portanto, foi após um longo processo de pesquisas e tentativas, desde a primeira máquina a vapor foi construída em 1698, pelo *engenheiro inglês* Thomas Savaary, que James Watt, que consertava e fabricava instrumentos de laboratório para a Universidade de Glasgow na Inglaterra, chegou à máquina a vapor utilizada em moinhos, serrarias, fundições, forjas, minas, estações de bombeamento de água para as cidades, patenteada em 1783 (EPSTEIN, 1962).

A implantação da máquina a vapor junto à indústria da tecelagem levou à incorporação do conhecimento científico aos meios de produção e “a ampliação do trabalho técnico expandiu o processo de formação sistemática de engenheiros, iniciado na França no século anterior” (LAUDARES, RIBEIRO, 2000, p.3). Esse processo de incorporação da ciência na produção de mercadorias marcou o início da apropriação da ciência pelo capitalismo e acarretou várias mudanças no processo produtivo com o início das “aplicações conscientes e sistemáticas da ciência natural” (BRAVERMAN, 1981, p.137).

Houve, então, uma nova definição oficial de engenharia no século XVIII, atribuída por Thomas Tredgold, engenheiro inglês, que definiu a engenharia moderna como a aplicação de princípios científicos para a conversão ótima dos recursos naturais em estruturas, máquinas, produtos, sistemas e processos para o benefício da espécie humana. (BAZZO, PEREIRA, 2006). Logo, foi em decorrência das necessidades advindas do fortalecimento do modo de produção capitalista que passou a utilizar a ciência para subordinar o trabalho ao capital e necessitou revolucionar as condições gerais do processo de produção que na metade do século XVIII, surgiram na França, as duas primeiras escolas de engenharia: a *École des Ponts et Chaussées*, 1747, voltada à construção civil (estradas e pontes), e em 1778, com foco no estudo dos minerais, a *École Polytechnique*, ambas sob uma concepção de ciência moderna, ou seja, como um conjunto de conhecimentos universais, sistematizados e passíveis de verificação.

Nos outros países da Europa, Estados Unidos e também no Brasil o ensino de engenharia e suas escolas ganharam destaque a partir do século XIX. De acordo com David Noble (1979), o aumento da importância atribuída à atuação dos engenheiros nessa ocasião pode ser compreendido ao se analisar o papel dos engenheiros nos Estados Unidos, quando esses se tornaram agentes vitais do capital corporativo nas indústrias de base científica. Ou seja, para além de criar soluções e novas tecnologias, os engenheiros passaram a contribuir com o gerenciamento, o processo educativo e as reformas sociais necessárias às unidades produtivas vigentes sob a égide do capital. Desta forma, atuaram positivamente na conformação das relações sociais de produção em prol da obtenção da mais-valia e do fortalecimento do capitalismo que prescindiu dos artesãos e necessitou de trabalhadores obedientes e disciplinados (NOBLE, 1979). Como agentes auxiliares do capital, os engenheiros ganharam prestígio e elevada inserção social, mas deixaram de se perceber como força de trabalho subordinada à lógica do capital.

4. A FORMAÇÃO E A INSERÇÃO DOS ENGENHEIROS NO BRASIL

A primeira escola oficial de engenharia no Brasil¹⁴, a Academia Real Militar, foi fundada em 1810, no Rio de Janeiro, e formava “oficiais de engenharia e oficiais de artilharia”¹⁵. Sua origem está relacionada à vinda da Família Real, 1808, e foi a terceira instituição de ensino de engenharia no mundo¹⁶. Como colônia de Portugal, a principal atividade econômica brasileira consistia na extração de matéria-prima para a exportação, fase primário-exportadora. Toda a tecnologia utilizada no processo de extração (manual e mecânica) e exportação, (transporte marítimo) derivava de países da Europa.

A tecnologia era importada e o foco do ensino de engenharia no Brasil era formar profissionais para os trabalhos de fortificações. A preocupação com a guarda do território nacional, fez com que a coroa portuguesa, maior proprietária,

trouxesse engenheiros ao Brasil, para a construção de várias obras, em especial as militares, e para ministrar ensinamentos de engenharia com aulas de “Fortificação” e de “Artilharia”. Em 1792, no Rio de Janeiro, a aula de Regimento e Artilharia do Rio de Janeiro era tão significativa que acabou gerando a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, mais tarde, substituída pela Real Academia Militar, raiz do atual Instituto Militar de Engenharia – IME. Os cursos levavam de três a cinco anos e, após o término, os oficiais de engenharia precisavam cursar mais um ano com as cadeiras de Arquitetura Civil, Materiais de Construção, Caminhos e Calçadas, Hidráulica, Pontes, Canais, Diques e Comportas (ALMEIDA, BORGES, 2007).

Assim, até a segunda metade do século XIX, tanto a formação como a inserção dos primeiros engenheiros brasileiros estavam vinculadas à arte militar, pois a ciência e a tecnologia existentes eram utilizadas principalmente como meio de segurança e de repressão. (KAWAMURA, 1981). Somente em 1874, em decorrência da ampliação das atividades econômicas, a formação dos engenheiros passa para instituições civis¹⁷ com a criação da Escola Politécnica do Largo de São Francisco com as primeiras demonstrações públicas da ciência no Brasil: transmissão telegráfica (1851), iluminação a gás de mamona (1851), iluminação elétrica (1857), chapas de radiografia (1896).

A partir do último terço do século XIX, final do Império, até a terceira década do século XX, com as novas diretrizes políticas¹⁸, os engenheiros passaram a atuar mais incisivamente no processo de infra-estrutura relacionado à atividade agroexportadora, principalmente na expansão de setores ferroviário, hidroelétrico, de edificações, transporte urbano, serviços públicos, serviços de gás e saneamento. Neste contexto, o engenheiro formado no Brasil atuava como profissional liberal, assalariado ou empresário. Segundo Kawamura, “[...] no entanto, mesmo na situação de profissional liberal, a autonomia do engenheiro estava limitada pela determinação tecnológica inerente ao material e equipamentos importados” (KAWAMURA, 1981, p.14). Como profissional assalariado, o engenheiro estava vinculado ao serviço público ou empresas privadas e “[...] nessa condição, exercia, em geral, funções nos escalões hierárquicos elevados, imbuídas de caracteres de mando” (KAWAMURA, 1981, p.15). Como empresário, detinha os meios de produção, contratava engenheiros e outros trabalhadores, porém, também estava subordinado à tecnologia importada. (*ibidem*) Logo, na maioria das vezes, os engenheiros brasileiros exerciam funções técnico-administrativas, ou seja, geriam o processo de trabalho, *tinham poder de mando sobre os demais trabalhadores, mas não desenvolviam tecnologia* e as funções de direção técnica eram delegadas aos engenheiros de origem do país exportador: “Particularmente, no caso das empresas estrangeiras, as melhores oportunidades, com raras exceções, estavam ocupadas por engenheiros das respectivas nacionalidades” (*ibidem*)

Apesar de a tecnologia importada inerente à produção material requerer profissionais qualificados, a formação em engenharia nesse momento contava com poucas escolas: a Politécnica, no Rio de Janeiro, fundada em 1858; a de Minas em Ouro Preto, em 1875; a Politécnica de São Paulo, em 1893/1894 e a Escola de

Engenharia do Mackenzie College, em 1896, aberta com capital norte-americano. Segundo dados da Confederação Nacional da Indústria, surgiram mais seis escolas nas últimas três décadas do século XIX, sendo que a maioria em Minas em razão do ciclo de mineração em alta no país. (IEL/SENAI, CNI, 2006).

O ensino de engenharia era enciclopédico, autoritário, elitista e mantinha uma relação utilitária com o saber. Por ser genérico, com enfoque teórico, muitos dos graduandos buscavam completar seus estudos na Europa¹⁹ como aprendizes de profissionais reconhecidos. Tal fato, sem dúvida, reforçava o aspecto elitista da categoria de engenheiro iniciado no próprio processo de seleção, cujo ingresso ao curso exigia o domínio dos conhecimentos científicos relativos às aprendizagens dos níveis anteriores.

No decorrer do século XX, dadas as novas exigências sócio-econômicas do país, direcionadas pelos países centrais, o processo de industrialização foi ampliado e houve condições bastante favoráveis para a formação e a inserção dos engenheiros. Em 1930 existiam 30 cursos de engenharia no Brasil, em 13 instituições de ensino distintas, das quais 12 eram públicas (IEL/SENAI, CNI, 2006). A expansão da formação de engenheiros contava com dois fortes motivos: a organização e a gestão do trabalho sob moldes tayloristas, bem como a necessidade de melhorar a infra-estrutura no país²⁰. Outra forte influência na indústria internacional foi o fordismo.²¹

Com fortes impactos na produção nacional, o taylorismo e o fordismo demandaram ritmo e gestão específicos da produção industrial por longo período, com grande número de trabalhadores para as atividades rotineiras, repetitivas e menor número de trabalhadores altamente qualificados para o planejamento e administração do processo produtivo, dentre esses os engenheiros. Enquanto os engenheiros passavam por um processo formal e complexo de qualificação, a expressiva parcela da classe trabalhadora, que apenas executaria as ordens recebidas de seus superiores, era alfabetizada, contudo, aprendiam a ler e escrever o necessário para o cumprimento de suas obrigações.

Sob a vigência da concepção taylorista, a categoria dos engenheiros, segundo Lili Kawamura (1981), foi fundamental para a burguesia industrial uma vez que, além do poder de mando e decisão sobre a classe trabalhadora, disseminavam a ideologia da classe dominante ao atuarem como professores nas escolas de engenharia e nas representações de classe junto à sociedade. Portanto, segundo a autora foi o momento em que a categoria passou a influenciar ideologicamente a classe trabalhadora.

Logo, houve um momento em que a categoria dos engenheiros atuou como intelectual orgânico da burguesia industrial, porém na função de dirigente colaborador na obtenção da mais-valia e não como um cientista que desenvolve inovações, pois estas aconteciam nos países industrializados. Neste contexto de pós-guerra, no qual o Estado (capitalista) era o agente propulsor da economia, houve o aumento do número de escolas, "Até 1946 já existiam 15 instituições de ensino de enge-

nharia [...]” (BAZZO, PEREIRA, 2006, p.78), “ [...] com 47 cursos de engenharia” (IEL/SENAI, CNI, 2006, p.35), com uma nova configuração para o ensino, mais pragmático, voltado às necessidades da produção industrial daquele momento. Porém, houve a perda do papel de intelectual orgânico da burguesia, uma vez que o engenheiro voltou-se para as questões técnicas e o controle ficou a cargo de outras categorias, tais como de economista, administrador de empresas e afins.

A partir de então, o processo educativo no Brasil viveu sob uma forte influência do ensino pragmático em voga nos Estados Unidos, com a substituição progressiva do ensino tradicional para um currículo reformulado de acordo com as diversas especialidades que surgiam na indústria. Propunha-se o ensino teórico especializado, conforme a orientação do professor Otávio Reis Catanhede, Revista de Engenharia em janeiro de 1948: “Não podemos hoje, na era da máquina, encarar o preparo do homem para exercer a engenharia como em épocas anteriores em que predominava a escola francesa de formação enciclopédica” (CATANHEDE *apud* KAWAMURA, 1981, p.72)

Após o advento da II Guerra Mundial as escolas de engenharia acentuam o seu caráter pragmático e utilitarista. Nessa perspectiva, foi criado o Instituto Tecnológico de Aeronáutica, em 1947, no Estado de São Paulo, decorrente das experiências bélicas nacionais e parte do projeto de pesquisa sobre o ensino de aerovias, aeronaves, aeroportos, meteorologia e eletrônica. Sua fundação estava subordinada ao Ministério da Aeronáutica, portanto, aos militares, e técnicos norte-americanos ocasião em que, de acordo com David Noble²², os EUA investiram U\$ 1,1 trilhões em pesquisas militares²³

Em tal contexto, o projeto de desenvolvimento do governo brasileiro foi bastante propício a todos os ramos de engenharia, pois buscava alcançar a autonomia da produção dos bens de consumo necessários à população. Não foi por outra razão, que, com o desenvolvimento almejado pelo governo de Juscelino Kubitschek, surgiram três cursos por ano no país, alcançando 112 cursos de engenharia em 1962 (IEL/SENAI, CNI, 2006), além da ampliação das escolas técnicas e profissionalizantes existentes até então.

A formação do engenheiro tornou-se cada vez mais tecnicista e pragmática a fim de atender o mercado de trabalho que pedia profissionais especializados e qualificados em face do processo de industrialização. Houve uma intensa busca da integração entre a universidade e indústria²⁴, legalizada com uma reforma universitária do governo militar²⁵, Lei 5.540/68, que orientava para as necessidades de acumulação do capital, não só em termos de diversificação de especializações, mas também níveis hierárquicos de profissionalização, com a oferta de cursos de curta duração para a formação técnica especializada em atividades diretamente ligadas ao processo de produção.

Surge, então, em meados dos anos 60, o curso de Engenharia Operacional, primeiro no Rio de Janeiro, na Escola Técnica Federal da Guanabara em convênio com a Escola Nacional de Engenharia, nível superior de curta duração. Disseminaram-se rapidamente pelo país e, segundo dados do MEC de 1978, atingiram, no

final dos anos 70, cerca de uma centena e meia de cursos ofertados por mais de 50 instituições. Além de prepararem mais rápido para a inserção profissional, constituíam uma alternativa em face à falta de vagas para o ensino superior. Tinham como característica “[...] um currículo menos denso, mais específico, mais prático e intensivo, de menor duração e maior terminalidade” (LIMA FILHO, 1999, p.120). Apesar do avanço da tecnologia, durante todo o período taylorista/fordista, tanto a formação como a inserção dos engenheiros brasileiros permaneceram vinculadas ao controle do processo de trabalho, portanto, sem ter como objetivo principal o desenvolvimento de inovações que, na maioria das vezes, continuaram a ser importadas, cabendo aos engenheiros brasileiros a adaptação de tais tecnologias ao processo produtivo nacional, reforçando a bipolarização funcional dos engenheiros.

Com os constantes investimentos industriais em pesquisas e inovações, em especial nos países centrais, houve a agudização das contradições inerentes ao modo de produção capitalista e, conseqüentemente, a acentuação dessa bipolarização na categoria dos engenheiros. Assim, ao mesmo tempo em que uma parcela da categoria participou do desenvolvimento técnico-científico, mesmo que na manutenção e ajuste de tecnologias importadas, em prol de vencer a concorrência globalizada, a outra parcela da categoria foi se pondo “à margem”, ou seja, inserindo-se em outras ocupações.

5. O ENGENHEIRO DA ATUAL FASE DE ACUMULAÇÃO CAPITALISTA

A introdução da microeletrônica e da microinformática no processo produtivo, resultado do avanço técnico-científico, exigiu força de trabalho devidamente qualificada não apenas para a produção das inovações, mas também para a manutenção e o acompanhamento de todas as instâncias de reprodução da base material. O ensino superior expandiu, apesar da retração econômica em tempos de política neoliberal, mas não com a mesma qualidade para todos. A engenharia teve uma média de anual de 78 novos cursos entre 1997 e 2005, a maioria ofertados por instituições privadas. Porém, o que mais cresceu foram os cursos de tecnólogos²⁶. Isso ocorre porque o contínuo e acelerado avanço técnico-científico reconfigurou o trabalho complexo, pois “A divisão do processo de trabalho simplifica o trabalho da grande maioria ao mesmo tempo em que complexifica o de um pequeno setor” (INVERNIZZI, 1996, p. 17). Por esse prisma, a engenharia entrou em evidência pela possibilidade de gerar inovações, mas o mercado de trabalho foi ampliado para os cursos de nível superior de menor duração, mais baratos, porém muito úteis.

Essa possibilidade de utilizar o potencial da força de trabalho que demanda menos tempo de preparação sem prejuízo para o processo produtivo, por outro lado, requer mais empenho do engenheiro, o qual deve ser capaz de desenvolver habilidades para realizar interfaces com outras áreas, dentro e fora da empresa, exigindo um leque de conhecimentos mais amplos e uma capacidade de análise profunda sobre a realidade social, legal, ambiental e econômica.

Neste cenário, os engenheiros incorporaram, cada vez mais, funções gerenciais. A Engenharia de Produção, que cuida de processos, se sobrepõe às demais em razão das próprias características. De acordo com as informações da Confederação Nacional da Indústria, a Engenharia de Produção foi a que mais cresceu, com 20% dos 706 cursos surgidos entre 1996 e 2005, o que confirma a tradição do Brasil como importador, adaptador e gestor de tecnologias desenvolvidas pelos países centrais. Muitos engenheiros procuram especializações em gestão.

Essa ampliação da engenharia voltada aos processos é justificada pelo fato da necessidade de força de trabalho qualificada para administrar em detalhes o sistema produtivo de elevado custo, o que inclui a gestão das pessoas envolvidas. Logo, além de desenvolver e instalar projetos, é preciso conhecimentos compatíveis com o grau de avanço tecnológico para gerenciá-los eficazmente. Os conhecimentos tácitos, advindos da prática laboral ao longo dos anos, que possibilitavam aos engenheiros exercer tarefas inerentes à função de gestores, líderes e outras, continuam importantes, mas já não são mais suficientes para a ascensão profissional, que exige maior responsabilidade, maior capacidade de transformação da criatividade em inovações.

O engenheiro deixa de ser eminentemente tecnológico, politécnico, para ser polivalente, com o total domínio dos conteúdos científicos de seu ramo de especialidade, ciente da execução de múltiplas tarefas, principalmente as de gestão, tanto de processos, como também de pessoas. Deve demonstrar boa capacidade de ajustar-se às mudanças necessárias traçadas pela empresa na busca de resultados operacionais e financeiros e, ainda, visão empreendedora. Destaca-se o engenheiro capaz de desenvolver atividades em grupo, apto a coordenar equipes multidisciplinares, hábil ao discutir com todos os escalões os processos de trabalho e sempre sugerir melhorias, tanto em razão do *downsising*, que enxugou ao máximo a estrutura vertical das organizações, como no papel de colaborador exemplar e propositivo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A engenharia, assim como outras práticas sociais inerentes à organização e ao funcionamento da sociedade, passou por inúmeras transformações decorrentes das necessidades engendradas ao longo da existência humana. O avanço científico e tecnológico sob a égide do capital, ao trazer as condições para a superprodução de mercadorias, reafirmou e acentuou a importância dos engenheiros. Todavia, essa relevância é fruto de uma nova forma de acumulação que, por outro lado, gerou o desemprego e a precarização para significativa parcela de todas as categorias, inclusive a dos engenheiros, cuja trajetória histórica é caracterizada por trabalho complexo que lhe permite condições intelectuais e sócio-econômicas superiores

às condições da maioria dos trabalhadores.

Logo, a formação e a inserção do engenheiro respondem às demandas de organização de certo contexto histórico, seu correspondente potencial científico e tecnológico expresso nas forças produtivas. Como se pode perceber, na maioria das vezes, a engenharia serviu aos interesses da classe dominante, proprietária dos meios de produção. Neste percurso, e com a crescente acumulação capitalista, o engenheiro, que já era reconhecido como um dos mais importantes artífices das áreas geradoras de estrutura básica (água, saúde, energia, transporte, biodiversidade e outros), é considerado um profissional primordial perante a competitividade entre as indústrias e empresas prestadoras de serviços que concorrem num mercado de escala planetária, tanto por estarem aptos a produzirem inovações, como pelo fato do processo produtivo utilizar equipamentos que combinavam artefatos mecânicos e de computação, exigindo mais trabalho complexo que anteriormente: “O computador é a arma fundamental de trabalho e gestão empresarial” (CARDOSO, 2004, p.85).

Como os demais trabalhadores, numa fase em que a produção de mercadorias precisa ser diversificada em termos de qualidade, quantidade e processo de confecção, por isto chamada por muitos de “flexível”, o engenheiro, na condição de assalariado, deixou de ter suas responsabilidades exclusivamente pautadas pelas atribuições de um cargo técnico, característica do período taylorista/fordista.

Contudo, apesar do novo perfil exigido, contraditoriamente, *a maioria* recebe uma formação flexibilizada, uma vez que a legislação vigente permitiu diminuir a carga horária da graduação com a justificativa que os conteúdos vistos em sala de aula se tornam obsoletos antes da colação de grau. Este fator contribui para que o Brasil continue na sua condição de importador, adaptador e gestor de tecnologias desenvolvidas nos países centrais. Logo, são poucos os engenheiros graduados no Brasil que conseguem uma formação que corresponda ao atual estágio de avanço da ciência e tecnologia.

Aumentou, portanto, o número de cursos e de egressos, mas não a qualidade de engenheiros aptos para suprir as demandas da organização social do capital. A contradição entre o aumento de cursos e de egressos e a divulgação pela mídia da falta de engenheiros comprovam essa afirmação. Logo, compreender o papel e o perfil do engenheiro significa apreendê-lo na dinâmica de reprodução material, com suas respectivas alterações na forma de regulamentação do processo de trabalho que atualmente significa explorar ao máximo não somente o potencial, mas a vida de cada trabalhador.

7. REFERÊNCIAS

- ABRÃO, B. S. **História da Filosofia**. São Paulo: Nova Cultural, 1999. (Os Pensadores)
- ALMEIDA, N. N.; BORGES, M. N. A Pós-Graduação em Engenharia no Brasil:

uma perspectiva histórica no âmbito das políticas públicas. **Revista Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**. Rio de Janeiro: Fundação Cesgranrio, v.1, n.1, out./dez. 1993.

BAZZO, W.; PEREIRA, L.T.V. **Introdução à Engenharia**. Conceitos, Ferramentas e Comportamentos. Florianópolis: UFSC, 2006.

BRAVERMAN, H. **Trabalho e capital monopolista**. A Degradação do Trabalho no Século XX. 3.ed. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1981.

CARDOSO, F. H. **Avançar Brasil**. Mais 4 anos de desenvolvimento para todos. Brasília: [s.n.], 1998.

ENGELS, F. **A dialética da natureza**. 4.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985.

EPSTEIN, B. **Motores e energia**. Trad. Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: Record, 1962. (Enciclopédia Juvenil).

HARVEY, D. **Condição Pós-Moderna**. 12. ed. São Paulo: Loyola, 2003.

INSTITUTO EUVALDO LODI. Núcleo Regional. **Inova Engenharia**. Proposta para a Modernização da Educação em Engenharia no Brasil. Brasília: IEL.NC/ SENAI.DN, 2006.

INVERNIZZI, N. C. **Automação e qualificação do trabalho**: elementos para um enfoque dialético. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica). Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 1996.

KAWAMURA, L. K. **Engenheiro: trabalho e ideologia**. 2. ed. São Paulo: Ática, 1981.

LAUDARES, J.B.; RIBEIRO, S. Trabalho e Formação do Engenheiro. **Revista Brasileira de Estudos de Pedagogia**. Brasília, v. 81 n. 199, set/dez 2000, p. 491-500.

LIMA FILHO, D. L. De Continuidades e Retrocessos Históricos: Razões e Impactos na Reforma da Educação Profissional no Brasil. In: II SEMINÁRIO SOBRE A REFORMA DO ENSINO PROFISSIONAL, 2, 1998, Curitiba. **Anais ...** Curitiba: CEFET, 1998, p. 119-144.

MARX, K. **O Capital**: crítica da economia política. São Paulo: Nova Cultural, 1988. (Os Economistas)

NOBLE. D. F. **American by Design: science, technology and rise of corporate capitalism**. Oxford University Press paperback, 1979.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica**: primeiras aproximações. 3. ed. São Paulo: Cortez, 1992.

TELLES, P.C.S. **História da Engenharia no Brasil**. Séculos XVI a XIX. Rio de Janeiro: s/n., 1984.

NOTAS

1 Doutora em Educação pela Universidade Federal do Paraná. E-mail: zinara_nascimento@gmail.com.

2 Nesse texto, utiliza-se a categoria materialismo histórico, suprimindo-se o termo “dialético”. Isto porque se compreende que a expressão significa a análise do movimento da sociedade com seus fenômenos contraditórios, a partir de sua base material, ao longo do processo de humanização.

³ O termo “Antiguidade Clássica” refere-se a um longo período da História da Europa que se estende aproximadamente do Século VIII a.C., com o surgimento da poesia grega de Homero, à queda do Império romano do ocidente no Século V d. C., mais precisamente no ano 476. Seus fatores culturais mais marcantes são as civilizações grega e romana.

⁴ “Enquanto lidavam com a natureza, realizando sua produção diária relacionado-se uns com os outros, os seres humanos se qualificavam e transmitiam o que aprendiam às gerações futuras, por meio de um processo de qualificação que coincidia inteiramente com o próprio trabalho. Embora o modo como se qualificassem fosse único, considerando-se a divisão sexual do trabalho, pode-se afirmar a existência de, ao menos em parte, duas capacidades para o trabalho, conformando a qualificação do trabalho dos homens e mulheres da coletividade ... a qualificação dos homens e das mulheres era também diferente, assim como produziam conhecimentos distintos ... as diferenças em termos de qualificação e interpretação da realidade não deviam ser muito grande entre os dois sexos ...” (SILVA, 2005, p.46)

⁵ Porém, como não existem fenômenos sem contradições, o aperfeiçoamento das máquinas dos engenhosos, possibilitaram a substituição do próprio trabalhador no processo de produção material e intelectual, fato que será detalhado ao longo do presente texto.

⁶ Também conhecido por Humanismo, é assim denominado em razão da retomada da centralidade do homem após séculos de supremacia da religiosidade e dos valores cristãos.

⁷ Segundo o Dicionário Itaú Cultural, Artes Mecânicas significa: Termo usado para designar as artes executadas tanto de forma manual como com o uso de máquinas, que envolvam utilidade prática e não estética. Durante a Idade Média, na Europa, pintores, escultores e arquitetos estão associados ao conceito de artes mecânicas, de forma pejorativa, por este estar diretamente associado ao trabalho. Essa associação perdura até a metade do século XV, quando vários artistas e escritores de arte começam a se posicionar em favor de sua condição de arte liberal, destacando-se Leon Battista Alberti (1404-1472) como o precursor desse pensamento. Leonardo da Vinci (1452-1519) integra esse grupo, mas segue considerando a escultura uma arte mecânica. Até o século XVIII, em documentos e contratos de trabalho da época, ainda é visível a existência de duas artes profissionais - as artes liberais e as artes mecânicas - com diferentes posições hierárquicas na sociedade, sendo a primeira cercada de privilégios e respeito e a segunda pouco honrosa e desqualificadora para quem a exerce.

⁸ A experiência” – diz Da Vinci, “não engana nunca; só erram vossos julgamentos, que prometem a si mesmos resultados estranhos à nossa experimentação pessoal” (ABRÃO, 1999, p.148)

⁹ Segundo Marx, o período manufatureiro do processo de produção capitalista “... dura de meados do século XVI até o último terço do século XVIII” (MARX, 1988, p.254).

¹⁰ A cooperação foi a forma mais simples de organização do trabalho do modo de produção capitalista, pois marca o início da compra da força de trabalho pelo capitalista e tem como resultado a potencialização do trabalhador individual: “A forma de trabalho em que muitos trabalham lado a lado e conjuntamente, no mesmo processo de produção ou em processos de produção diferentes, mas conexos, chama-se cooperação” (MARX, 1988, p.246). Todavia, embora vários trabalhadores encontrem-se no mesmo espaço para vender sua força de trabalho e produzir mercadorias para determinado capitalista, não há na cooperação alterações significativas no desenrolar das atividades individuais, mas sim na organização do trabalho, já que parte dos meios de produção é usada coletivamente, o que possibilita a diminuição do valor das mercadorias e, logo, o da força de trabalho, alterando a relação entre capital constante e capital variável.

¹¹ A manufatura caracteriza-se pela alteração do conteúdo do trabalho a partir da sua divisão técnica, na qual os artesãos perdem sua autonomia perante o processo de produção de mercadorias. A organização do trabalho ocorre a partir da decomposição dos ofícios em operações diferentes e particulares, isolando-as e individualizando-as para tornar cada operação função de um trabalhador, ou seja, cada trabalhador executa uma função parcial, perdendo a noção do processo científico da produção, o que resultou a origem de uma classe de trabalhadores não qualificados: “A divisão do trabalho na manufatura possibilita o aumento da produtividade, que depende não só da virtuosidade

do trabalhador, mas também da perfeição de suas ferramentas, as quais vão se aperfeiçoando de acordo com as funções exclusivas particulares dos trabalhadores parciais (MARX, 1988, p.257)

¹² Na manufatura o enriquecimento do trabalhador coletivo e, portanto, do capital em força produtiva social é condicionado pelo empobrecimento do trabalhador em forças produtivas individuais (MARX, 1988, p.271)

¹³ Importantes foram as contribuições de Francis Bacon (1561 - 1626), que afirmava que todo conhecimento tem como origem a experiência sensível e fazia a crítica ao pensamento aristotélico, considerado o precursor da moderno método científico.

¹⁴ Cabe lembrar que a história do ensino superior no Brasil inicia com a Companhia de Jesus, com cursos superiores de artes (filosofia e ciências) e teologia sob a responsabilidade dos “soldados de cristo” até a expulsão dos jesuítas dos territórios portugueses em 1759. Tais cursos tinham objetivo formar uma elite letrada para a direção da reino português no Brasil.

¹⁵ Segundo registros históricos a Carta Régia de 15 de janeiro de 1699 teve como objetivo iniciar as atividades de ensino da Engenharia Militar no Brasil. Porém, existem indicações de que a partir de 1640, Brasil-Colônia, com a contratação do “engenheiro do fogo”, o holandês Miguel Timermans, começou a “ensinar sua arte e sua ciência” no Brasil (TELLES, 1984, p.65)

¹⁶ Antecedida pela Escola de Pontes e Calçadas em 1747 na França e pela Academia Real de Fortificação, Artilharia e Desenho em 1790 em Portugal.

¹⁷ Após o Decreto nº 5.529 de 17 de janeiro de 1874.

¹⁸ “É importante destacar as transformações ocorridas a partir de meados do século XIX na economia brasileira. Pode-se falar, inclusive, que, a partir de então, verifica-se um primeiro momento no processo de industrialização do país. (...) o Brasil continuava sendo uma economia agrário-exportadora ... (café, açúcar, algodão, borracha, couros e pele). (BERUTTI, FARIA, MARQUES, 1989, p.264)

¹⁹ Em 1886 o engenheiro alemão Gottlieb Daimler desenvolve o primeiro veículo de quatro rodas movido por motor a gasolina, considerado o primeiro automóvel da história.

²⁰ Importante destacar que a primeira metade do século XX na Europa e nos EUA foi marcada pela concepção taylorista de administração, cujo objetivo era racionalizar ao máximo as tarefas inerentes ao processo produtivo em busca da produtividade e dos lucros. Para tanto, os operários deveriam limitar-se a executar as tarefas e a cumprir as ordens estipuladas pelas gerências, sem qualquer forma de autonomia.

²¹ Ford, grande empresário, que entedia “... que produção de massa significava consumo de massa, um novo sistema de reprodução da força de trabalho, uma nova política de controle e gerência do trabalho ...” (HARVEY, 2003, p.121) valeu-se da concepção desenvolvida pelo primeiro para produzir em série, tanto porque tinha a expectativa de aumentar os seus lucros, como porque “acreditava que o novo tipo de sociedade poderia ser construído simplesmente com a aplicação adequada ao poder corporativo”. (HARVEY, 2003, p.122)

²² Segundo David Noble, em seu livro *Forces of Production*, os EUA emergiram da II Guerra Mundial como a mais poderosa e próspera nação da face da terra (p.xii), momento em que o governo norte-americano gastou US\$ 1,1trilhões para propósitos militares (p.5)

²³ Anos mais tarde, como um dos resultados dos investimentos em ciência e tecnologia, a Agência de Projetos Avançados de Pesquisa dos Estados Unidos elabora a primeira rede de computadores, cujo objetivo era construir uma rede descentralizada para transmitir informações de forma segura em caso de nova guerra, sendo esta a origem da Internet.

²⁴ O Centro de Integração Empresa Escola – CIEE – surge em 1964, pelo empresariado de São Paulo “Seu objetivo é contribuir pra a formação profissional de estudantes, de nível médio e nível superior, criando condições e oportunidades para entrarem em contato direto com as empresas de qualquer ramo de atividades: indústria, comércio, bancos, agricultura, serviços, etc” Revista Mundo Econômico, junho 1971. v.IV, no. 5, matéria Integração Empresa-Escola-Governo-Comunidade. Educação: Para Quê? *Apud* KAWAMURA, p.78

²⁵ Por meio de decreto, o então presidente Marechal Costa e Silva estipulou um prazo de 30 dias para que um Grupo de Estudos apresentasse uma proposta de reforma universitária com o objetivo de garantir “[...] eficiência, modernização e flexibilidade administrativa”, bem como “a formação de

recursos humanos de alto nível para o desenvolvimento do país” (SAVIANI, 1996, 67)
26 Segundo pesquisa divulgada em parceria pelo Sistema Indústria e o CONFEA em meados de 2007, existem em média 7,5 tecnólogos por empresa brasileira, em comparação com os 12,7 engenheiros, um número expressivo para uma categoria profissional que surgiu há poucas décadas.

Recebido em: 30/07/2009.

Aprovado para publicação em: 27/09/2009.