

IMPACTOS DA INTEGRAÇÃO TECNOLÓGICA DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS TÊXTEIS

Flavio da Silveira Bruno - fbruno@cetiqt.senai.br

Faculdade SENAI-CETIQT – Instituto de Prospecção Tecnológica e Mercadológica
Rua Dr. Manoel Cotrim 195, Riachuelo
20.961-040 – Rio de Janeiro - RJ

Resumo: *Este trabalho discute as mudanças estruturais e filosóficas na educação profissional têxtil provocadas pelos novos padrões de desenvolvimento tecnológico no elo de fabricação de máquinas da cadeia produtiva têxtil. São apresentados alguns padrões de desenvolvimento tecnológico encontrados nos equipamentos expostos pelos principais fabricantes mundiais na XIV edição da feira internacional de máquinas têxteis ITMA (International Textile Machinery Association). Os padrões descritos permitem induzir que os desenvolvimentos contemporâneos de sistemas produtivos têxteis estão sendo orientados pela necessidade de integração em uma rede complexa de atores de natureza heterogênea. Essa orientação estaria predefinindo, de certa forma, a seleção de conteúdos científicos e tecnológicos que possam contribuir para os fins comunicativos dos sistemas. Foi feita a análise dos impactos da difusão e da incorporação de conceitos de racionalidades e de rede de atores, adotados pela moderna sociologia industrial na formação de engenheiros têxteis .*

Palavras chave: *Tecnologia, Têxtil, Rede de atores, Engenheiros têxteis.*

1. INTRODUÇÃO

O impacto da Tecnologia nos mundos da produção e do trabalho tem sido objeto de diferentes projetos de pesquisa. Sistemas empresariais, industriais, sistemas de ensino e de formação profissional são objeto de investigação permanente em busca da identificação de mudanças provocadas pelos contínuos desenvolvimentos da ciência e da técnica nessas estruturas. De maneira geral, novas formas de organização do trabalho e de reestruturação produtiva estão sempre sendo induzidas pelas mutações provocadas pela tecnologia, conceito que consideramos oportuno estabelecer neste artigo. Mario Bunge (2003) sugere o entendimento corriqueiro de tecnologia como “a técnica que emprega conhecimentos científicos” mas apresenta uma definição mais abrangente:

Um corpo de conhecimentos é uma tecnologia se, e somente se, (i) é compatível com a ciência contemporânea e controlável pelo método científico, e (ii) é empregado para controlar, transformar ou criar coisas ou processos, naturais ou sociais.

Dentre as várias definições propostas para o termo tecnologia pode-se reconhecer um mesmo conceito orientado para a aquisição de características comuns aos sistemas técnicos, humanos, informacionais e organizacionais. Neste trabalho, tecnologia será entendida como a aplicação de descobertas da ciência em sistemas sócio-técnicos dinâmicos de transformação, como o resultado da incorporação sistemática de conhecimento que evolui do estado tácito da arte para o estado empírico da técnica e, finalmente, para o estado científico. Para os fabricantes de máquinas e equipamentos que competem entre si por um mercado cada vez mais exigente, condicionados por restrições associadas a volumes, tempo, logística, qualidade, saúde, meio ambiente e segurança, dentre outros, a pesquisa tecnológica é fator crítico de sobrevivência. Cabe citar o que Bunge (2003) entende como pesquisa tecnológica:

Em suma, a tecnologia não está separada da teoria nem é mera aplicação da ciência pura: tem uma componente criativa particularmente manifesta na pesquisa tecnológica e no planejamento de políticas tecnológicas. Do ponto de vista metodológico, a pesquisa tecnológica não difere da investigação científica, sendo a pesquisa orientada em direção às metas, embora sejam estas diferentes. A finalidade da investigação científica é a verdade pela própria verdade, enquanto a meta da investigação tecnológica é a verdade útil a alguém.

Sem a pesquisa tecnológica não há como os principais fabricantes de máquinas enfrentarem a complexidade crescente dos problemas a que se subordinam, em parte, devido à profusão de heurísticas que a literatura especializada, sobretudo nas áreas de gestão, difunde, algumas vezes, precipitadamente.

Nesta investigação, partimos da suposição de que a indústria de bens de capital para a produção de têxteis acompanha as principais tendências da pesquisa tecnológica de outros setores econômicos, que podem ser sintetizadas pela busca de flexibilidade, versatilidade, automação e informatização total do negócio, de maneira a proporcionar um alto grau de interação entre os elos da cadeia de valor e os consumidores finais. Essas tendências procurariam adequar os sistemas de produção de bens materiais para que possam se beneficiar de vantagens que já são aproveitadas pelos sistemas de desenvolvimento, produção, comercialização e distribuição de produtos que podem ser transportados por meios eletromagnéticos, como programas, textos, imagens e sons. É o caso, por exemplo, do *pager* da Motorola, cujo desenvolvimento e aperfeiçoamento são proporcionados pelo contato direto que o produto permite estabelecer entre a empresa e o cliente, traduzindo, diretamente, as necessidades do usuário para a planta de produção e comprimindo tempos de desenvolvimento de novos produtos (CAVALCANTI, 2003).

Aspectos de integração revelados por este estudo, em vários níveis e elos da cadeia produtiva presentes na feira, corroboraram nossa suposição inicial de integração de atores heterogêneos especificamente voltada para o aumento da capacidade de comunicação da rede. Cada vez mais funções lógicas e programáveis automatizam os procedimentos técnicos e os processos de tomada de decisão e de resolução de problemas, propiciando a completa integração dos sistemas materiais entre si e com os demais componentes de uma cadeia logística, através das redes de telecomunicações e de transmissão de dados. A automatização de procedimentos não limita-se, entretanto, ao mundo da produção. Estende-se aos seus contornos, invadindo o ambiente cultural do ensino.

A análise dos impactos na educação profissional foi realizada a partir de experiências relatadas, tanto por organizações privadas voltadas para o ensino têxtil quanto por fabricantes de máquinas. Esses últimos, ingressam cada vez mais na capacitação de profissionais, apoiados em sistemas computacionais, para permitir a plena utilização dos recursos tecnológicos desenvolvidos para suas máquinas. A racionalização e a automatização dos processos de ensino técnico revelaram-se como tendências que poderão gerar alterações significativas na forma e no conteúdo das instituições de ensino profissionalizante.

2. METODOLOGIA

Para a realização da pesquisa qualitativa exploratória foram adotadas duas técnicas de coleta de dados: a observação sistemática dos sistemas apresentados na feira, com base em dimensões previamente definidas, e a realização de entrevistas semi-estruturadas, apoiadas em formulário de pesquisa, realizadas com engenheiros e promotores técnicos dos fabricantes líderes em desenvolvimentos tecnológicos, previamente selecionados em função do grau de difusão mundial de suas marcas e da utilização de suas máquinas em empresas brasileiras. Para a avaliação qualitativa de tendências na formação profissional, foram acompanhadas as palestras proferidas em fóruns especializados apresentados durante a feira. As entrevistas semi-estruturadas tiveram por objetivo reconhecer tendências e padrões de desenvolvimento

comuns a todos os segmentos e sistemas, partindo-se da hipótese de que os desenvolvimentos de tecnologia teriam como direcionador estratégico a integração tecnológica de sistemas heterogêneos na cadeia produtiva têxtil (CPT). As experiências de fabricantes tradicionais de máquinas têxteis na produção de sistemas de treinamento apoiados por computador foram registradas e serviram para a formulação de questões sobre alterações no perfil de técnicos e de engenheiros têxteis.

3. INTEGRAÇÃO COMUNICATIVA

Partimos da hipótese de que os desenvolvimentos tecnológicos dos sistemas produtivos de máquinas e equipamentos estariam sendo prioritariamente direcionados pela necessidade de integração de sistemas heterogêneos. Nesse caso, convém apresentar, mesmo que superficialmente, o conceito de rede de atores. Bruno Latour (2003) apresenta sua *Actor's Network Theory* (ANT) em um diálogo imaginário com um interlocutor que almejasse entender a aplicação da teoria:

(Social theories)... are good at saying positive things about what the social world is made of. In most cases that's fine; the ingredients are known; their numbers should be kept small. But that doesn't work when things are changing fast, and, I would add, not, for instance, in organization studies, or information studies, or marketing, or science and technology studies, where boundaries are so terrible fuzzy. New topics, that's when you need ANT for.

Pierre Lévy (1998), para propor o conceito de ecologia cognitiva, introduz alguns princípios que vêm fortalecer nossa opção pela abordagem de rede de atores quando desejamos desvendar os padrões de desenvolvimento tecnológico na CPT:

Os coletivos cosmopolitas compostos de indivíduos, instituições e técnicas não são somente meios ou ambientes para o pensamento, mas sim seus verdadeiros sujeitos. (p.19)

O jogo da comunicação consiste em, através de mensagens precisas, ajustar, transformar o contexto compartilhado pelos parceiros. (p.22)

O sentido emerge e se constrói no contexto, é sempre local, datado, transitório. A cada instante um novo comentário, uma nova interpretação, um novo desenvolvimento poderá modificar um sentido que havíamos dado uma proposição quando ela foi emitida. (p.22)

Os atores da comunicação produzem, portanto, continuamente, o universo de sentido que os une e os separa. (p.23)

Ressaltemos, ainda, os conceitos que Rogério Valle (2003) faz emergir da obra *Organizations*, de March e Simon, escrita na década de 50, em que os autores propõem um aperfeiçoamento ao modelo burocrático de Max Weber, considerando que todo ator possui uma racionalidade circunscrita de maneira a maximizar a eficiência segundo seus próprios critérios e dentro dos limites de seu conhecimento e de seus campos de atuação. Para que se obtenha a integração de atores heterogêneos, entretanto, é necessário que homens e máquinas sejam direcionados em busca de uma racionalidade comunicativa em oposição à racionalidade teleológica (o agir segundo os fins) descrita por Weber. Ao propor a Teoria do Agir Comunicativo, Habermas (1988) frisa as diferenças na abordagem de racionalidade já que no agir comunicativo os atores procuram ainda seguir seus objetivos individuais mas não são movidos unicamente para o seu próprio sucesso pois precisam conciliar mutuamente seus planos de ação.

Neste trabalho, apresentamos o princípio de integração comunicativa como uma proposta para o entendimento da evolução dos processos de reestruturação produtiva na CPT contemporânea. O desenvolvimento tecnológico vem contribuindo contínua e inexoravelmente para o processo de racionalização crescente do trabalho nos ambientes de produção, que não pode mais ser atribuído unicamente ao oportunismo fordista do início do século. De maneira geral, autores modernos observam que todas as correntes e escolas ditas pós-fordistas ou pós-tayloristas, de fato, apresentam o mesmo padrão de racionalização

técnica e conceptual (VALLE, 2003). Um outro padrão, entretanto, foi enfatizado pelos desdobramentos teóricos do final do século XX aplicados à organização do trabalho, que diziam respeito à integração através da informatização e à integração por intermédio da gestão. Seja a partir de dimensões como tecnologia, estratégia, recursos humanos ou gestão, as principais correntes e seus métodos e técnicas de melhoria do desempenho dos ambientes produtivos apresentam um elemento comum: a integração comunicativa. A partir desse princípio, podemos assumir que, em uma sociedade fundamentada na ciência, toda a rede que transforma suas necessidades em produtos e serviços para seu consumo e bem estar é composta de meios e recursos tecnológicos que propiciam a comunicação entre todos os seus nós, sejam eles orgânicos ou inorgânicos, materiais ou imateriais, tangíveis ou intangíveis.

4. PADRÕES DE INTEGRAÇÃO TECNOLÓGICA OBSERVADOS

De acordo com os objetivos parciais deste trabalho, pretendemos mostrar que os desenvolvimentos de máquinas e equipamentos são orientados pelo conceito de integração da rede de atores da qual fazem parte os fabricantes de máquinas. Por sua vez, tais desenvolvimentos orientam a escolha dos avanços em C&T que podem propiciar tal integração. As experiências registradas na XIV ITMA foram reunidas em categorias e são apresentadas a seguir.

4.1 Verticalização para aumentar a eficácia da pesquisa aplicada

Empresas tradicionais e líderes em P&D para a área têxtil vêm atuando em sua cadeia logística, delimitando ou expandindo sua área de atuação e negócios, em função das necessidades de desenvolvimento tecnológico. Esta tendência foi observada em tradicionais fabricantes de máquinas, como Staübli, Picanol e Sulzer, em fabricantes de sistemas gráficos de projeto de tecidos e estampas, como a Nedgraphics, e em empresas fabricantes de sistemas de planejamento, controle e programação da produção, como a Industrial Technologies S.A. No caso das empresas fabricantes de máquinas, a busca por aumentos de produtividade e qualidade (P&Q) encontra limitações no desenvolvimento de materiais e de sistemas eletromecânicos de seus tradicionais fornecedores ou fornecedores de seus clientes. Dessa forma, para atingir limites superiores de P&Q é necessário investir maciçamente em projetos integrados que permitam otimizar momentos inerciais, choques e esforços, além de reduzir perdas por atrito e racionalizar o emprego e energia. A incorporação de fornecedores e de clientes é outra tendência, gerando um retorno à verticalização produtiva, no que se refere aos investimentos em P&D. A mesma tendência é observada em fabricantes de sistemas CAD (*Computer Aided Design*) como a Nedgraphics, do grupo Blufox Company. Nesse caso, a atuação observada invade as áreas de gestão, planejamento, programação e controle da produção, estendendo-se, a montante da cadeia, aos sistemas de ERP (*Enterprise Resource Planning*), através da aquisição da empresa italiana Porini. A gestão de sua cadeia de suprimento concentra-se, nesse caso, na função projeto de produto, irradiando-se a montante e a jusante da cadeia na estratégia de integração. No caso da Industrial Technologies S.A, a integração com sistemas ERP ocorre a partir do ambiente de produção, a jusante da cadeia. Tais considerações foram observadas em outras empresas e em outros segmentos que abastecem a cadeia produtiva têxtil, como é caso do desenvolvimento conjunto de corantes e de processos de tingimento, dessa vez sem que houvesse a incorporação do negócio de uma pela outra mas sim a parceria para o desenvolvimento de tecnologia. A verticalização também contempla, em outros casos, o próprio desenvolvimento de *hardwares*, como sistemas de sensoramento, por tradicionais fabricantes de *softwares*, ou o desenvolvimento de *softwares* por tradicionais fabricantes de máquinas, com os mesmos objetivos já descritos. O desenvolvimento de sistemas computacionais por fabricantes de máquinas líderes não é exatamente uma tendência atual. Entretanto, consolida-se e ramifica-se para a interação com os clientes através da Internet, como nos casos da Sulzer e Dornier, em direção a um

relacionamento mais próximo entre os atores, que inclui desde a aquisição de peças, o acesso a bases de dados sobre defeitos e até mesmo a ação direta do fabricante sobre a máquina, em futuro próximo, para ações corretivas e coleta de dados para monitoramento de desempenho. Na área de não-tecidos, a francesa Schlumberger associou-se com Rieter, Laroche e Foster para a realização de desenvolvimentos conjuntos de etapas do processo de fabricação.

4.2 Geração de experiências com os clientes

Para as empresas Picanol, Staübli e Sulzer, sob o ponto de vista da integração comunicativa com seus clientes, as soluções tecnológicas ideais devem ser as que propiciam a eliminação total de restrições técnicas, aumentando a flexibilidade de movimentos a partir de ajustes e de comandos individuais, fortalecendo o conceito de controle de trajetórias independentes, que devem aproximar-se continuamente das trajetórias teóricas, em busca de precisão, eliminando ajustes mecânicos manuais e centralizando todo o comando em controladores acessados por *touch screen*. Objetivam estabelecer uma relação com seus clientes da indústria têxtil para permitir a geração de experiências a partir do uso dos recursos oferecidos pela tecnologia, permitindo soluções completas em busca de máximas flexibilidade e versatilidade para o desenvolvimento de soluções técnicas para o desenvolvimento de novos produtos. A interação entre cliente e fornecedor gera um processo mútuo de transferência de tecnologia. São ferramentas abertas que permitem ao cliente criar diferenciais competitivos, em termos de produtividade e qualidade, a partir da flexibilidade de ajustes permitida pelos sistemas.

4.3 Gestão da cadeia logística

A empresa Picanol desenvolveu o conceito de empresa global, com filiais (*Global Textile Partner*) em todo o mundo atuando no mercado e na logística de distribuição de seus produtos, substituindo o antigo conceito de representações. O conceito dominante é o de internacionalização da empresa. Os principais fabricantes já propiciam a integração técnica e comercial através da Internet com os clientes, permitindo trocas e comunicações *on line* e racionalizando a programação da distribuição de peças em todo o mundo. O sistema *Picanol Loomgate* propicia a gestão integral da produção das máquinas, mesmo à distância. Retornando aos sistemas informatizados da Industrial Technologies S.A., os sistemas de controle da produção são integrados ao ERP permitindo reunir informações de produção a finanças e distribuição, transmitindo e recebendo dados selecionados de qualquer planta para outra por intermédio de linhas telefônicas públicas ou dedicadas e possibilitando a transmissão automática de dados de um ERP sem intervenção humana.

4.4 Eliminação de etapas de processo

Pequena empresa francesa, a Cortex S.A. patenteou um sistema de impressão, por sublimação, dos fios de urdume no próprio tear, reunindo etapas de tecimento e de estamparia. O equipamento utilizado sem a técnica de estamparia promove a alteração da estrutura cristalina dos fios no sentido transversal do deslocamento, devido ao calor da placa, homogênea e melhora a capacidade de trabalho dos fios (curva tensão-deformação). Outro exemplo de eliminação de etapas de processo, gerando integração de processos, são as cardas da Rieter que incorporaram trens de estiragem na saída do processo de cardagem, de maneira a eliminar a necessidade de passadores em fios cardados, aumentando a qualidade, por paralelização e uniformização das fibras, reduzindo estoques intermediários e a necessidade de armazenamento e transporte de fitas de carda. O tear M-8300 da Sulzer pode servir de exemplo de integração de etapas de processo, já que seu rotor de tecelagem reúne dois dos três princípios característicos da tecelagem plana – abertura de cala, inserção de trama e batida da trama – em um único dispositivo, o que elimina ou transforma operações e técnicas tradicionais de preparação, como a remeteção, e altera alguns conceitos de fabricação de tecidos planos, como o que diz respeito aos ciclos de fabricação. Uma outra tendência

observada foi a incorporação de processos de controle da qualidade na produção. Sistemas de análise de tecidos, como os da Barco e da Uster, dentre outros fabricantes, propiciam o controle da qualidade de tecidos, a partir de sistemas de análise e tratamento de imagens acoplados ao tear, eliminando as operações de “visita e de classificação do pano”. Outros fabricantes desenvolveram sistemas de controle de processo em áreas de acabamento que eliminam etapas tradicionais do controle da qualidade, integrando-as na produção.

4.5 Precisão, flexibilidade e versatilidade

Os desenvolvimentos tecnológicos em indústrias de base (mecânica fina, química e eletroeletrônica) propiciaram alguns retornos de projetos abandonados sob o enfoque parcial de busca de produtividade. Alguns princípios e sistemas retornaram, como o comando positivo de deslocamento de fios em bobinas, pois permitem maior precisão de posicionamento. A qualidade final é priorizada pelo limite de produtividade atingido com base no desenvolvimento de materiais compósitos mais leves, redução de atritos e de choques, e produtos de lubrificação de melhor desempenho. A difusão da utilização de sensores e o desenvolvimento de sistemas eletrônicos vêm transformando o controle discreto de tensões e deslocamentos em controle contínuo. Uma tendência observada nas máquinas da Dornier diz respeito ao deslocamento da abordagem corretiva para uma abordagem pró-ativa, a partir da sincronização de movimentos comandada por sensores e sistemas de controle. O maior objetivo da pesquisa tecnológica é de permitir que o cliente utilize completamente o potencial tecnológico oferecido, corroborado pelo fato de problemas técnicos poderem ser resolvidos on line, pela Internet. De maneira geral, as máquinas de tecer da Dornier aperfeiçoam-se em direção à máxima e absoluta precisão de movimentos e de tensões de trabalho, fatores condicionantes de um processo de tecer eficaz, além de perseguirem flexibilidade, versatilidade, produtividade e qualidade, e de aportarem inteligência, através da eletrônica digital, às suas máquinas, que armazenam dados sobre defeitos, falhas e suas causas. Na área de desenvolvimento de máquinas para fabricação de não-tecidos, a Schlumberger tem foco na precisão, a partir do controle da distribuição das fibras por retro-alimentação. As maquinetas também são um exemplo da busca de flexibilidade e versatilidade dos sistemas. A partir do princípio de comando individual, proporcionado pelo desenvolvimento de motores eletromagnéticos, fios ou quadros podem ser comandados individualmente, permitindo maior precisão de seus deslocamentos e melhor possibilidade de ajustes técnicos em função das especificidades do projeto do produto (eliminando ou ao contrário, introduzindo tensões de trabalho dos fios diferentes entre si, o que implica em variações de efeitos e impactos na taxa de ruptura).

4.6 Tecnologia de fibras naturais

A Woolmark Technology apresentou inovações nos processos de tratamento de fibras naturais, alterando suas propriedades e melhorando seu desempenho, como é o caso do Optim, que incorpora às fibras naturais, como a lã, a possibilidade de controle de sua estrutura cristalina. O domínio do processo de transformação das fibras de lã permite a ação de projeto característica das fibras manufaturadas também nas fibras naturais.

4.7 Difusão de sistemas ótico-eletrônicos e análise e tratamento de imagens

Foi observada uma grande difusão de sistemas para o controle visual de defeitos ou de discrepâncias de produto e de processo. Appalachian Electronic Instruments Inc. oferece sistemas de análise e tratamento de imagens para a detecção de defeitos em carpetes, enquanto sistemas ótico-eletrônicos analisam defeitos em tecidos e ruptura de fios. Na Protechna, a utilização de *laser* permite o controle de fios (posicionamento e detecção de ruptura) de processos de urdimento, de malha e de tecelagem plana. A Eltex permite o monitoramento da tensão de fios de trama com visor gráfico da tensão em tempo real e na Lawson-Hemphill a análise de imagem do fio é alternativa para a análise capacitiva tradicional. O armazenamento

das imagens do fio permite tecer e visualizar defeitos, simulando e antevendo discrepâncias e efeitos indesejáveis.

5. IMPACTOS NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS TÊXTEIS

A avaliação dos impactos dos desenvolvimentos tecnológicos na qualificação profissional carece de um estudo mais aprofundado. Nossa proposta foi de explorar algumas conjecturas que puderam ser extraídas de uma análise superficial das tendências observadas no ambiente de tecnologia visitado. Tais conjecturas podem servir de base para investigações criteriosas, posteriormente. Apoiados nas discussões do Fórum ITMA “*Skills Management*”, e suportados pela avaliação qualitativa, realizada em conjunto com os demais engenheiros da equipe enviada pelo Instituto de Prospecção Tecnológica e Mercadológica do Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil, sobre as especificidades de inovações e desenvolvimentos em diferentes segmentos produtivos da cadeia, podemos ressaltar alguns conceitos e princípios que merecerão, no mínimo, revisão de suas bases, nos próximos anos.

Os padrões observados e descritos corroboram nossa hipótese da ênfase dos desenvolvimentos na integração comunicativa de atores heterogêneos. Os impactos dessa tendência na qualificação profissional, entretanto, não podem ser deduzidos tão facilmente. Alguns fatos extraídos das entrevistas e das observações ilustram possíveis mudanças no cenário futuro para a educação profissional: (a) a premência na capacitação profissional de empresas têxteis que não desejam investir em formações de longa duração; (b) as experiências de treinamento com sistemas de *computer based training* e com o uso da Internet, proporcionadas por grandes fabricantes para seus clientes; (c) a aproximação de clientes e fornecedores de máquinas através da Internet; (d) as experiências de instituições e empresas internacionais especializadas em *e-learning*.

Sendo a tecnologia, como vimos, um corpo de conhecimentos técnicos sistematizados pelo saber científico, os investimentos na pesquisa tecnológica segundo os diversos tipos de integração que observamos poderá gerar um retorno à valorização da formação técnico-científica voltada para a compreensão e aplicação dos princípios estabelecidos pelas ciências formais e da natureza, ou mais especificamente nas ciências da engenharia. De fato, observamos que alguns dispositivos e subsistemas eletromecânicos apresentam-se “abertos” para os clientes em relação à possibilidade de ajustes de curvas de movimento de seus elementos (influindo na possibilidade de predeterminação de esforços e de energias envolvidas). A difusão de sensores e de motores individuais cada vez menores corrobora esta possibilidade. Isto significa que em vez de caixas pretas fechadas, cujas velocidades e acelerações já vinham previamente limitadas pelo projeto físico (cames, alavancas, tirantes e roldanas) dos sistemas, há a possibilidade de efetuarem-se múltiplos ajustes combinados para a otimização de produtividade e de qualidade no “set up” de uma máquina, por exemplo, durante o processo de desenvolvimento de um novo artigo têxtil. Isto gera um diferencial competitivo que une cliente e fornecedor em busca de soluções únicas e na geração de segredos industriais. Ao contrário de quando os sistemas incorporam o conhecimento científico e se abrem à comunicação apenas por intermédio de parâmetros técnicos de entrada, a técnica têxtil é, agora, subordinada ao conhecimento científico do engenheiro, à sua capacidade de articular conceitos básicos e de realizar “pequenas investigações científicas” ao longo do processo de desenvolvimento de um novo produto. Dessa forma, poderá ocorrer, no futuro, uma maior valorização de profissionais de engenharia de áreas como mecânica, eletrônica e química; a especialização técnica ficando restrita ao saber fazer e aplicar. Neste caso, os meios e recursos oferecidos pela tecnologia da informação, os desenvolvimentos nas telecomunicações e da Internet, e os investimentos feitos pelos fabricantes para a incorporação dessas tecnologias, induzem ao entendimento de que poderá ocorrer um deslocamento ou, pelo menos, um maior compartilhamento da gestão do conhecimento técnico, a partir de sua fragmentação e redistribuição em torno de um centro de gravidade mais afastado das

instituições de ensino têxtil do que está atualmente. Nesse caso, a rede de atores, da qual fazem parte essas instituições, comandaria, segundo suas racionalidades parciais, de maneira muito mais objetiva e pragmática, as estratégias de formação e de capacitação profissionais. Haveria, assim, uma tendência de aproximação entre empresas privadas de qualificação para o trabalho (fortemente apoiadas em tecnologias de informação e de telecomunicações), indústrias e fabricantes de máquinas e equipamentos. É o caso do sistema canadense *Textile Training Through Technology*. Baseado na Internet e em tecnologias computacionais, pretende “entregar em domicílio” a análise de necessidades de treinamento técnico, o desenvolvimento de habilidades específicas para o trabalho e competências essenciais (*core competencies*), oferecendo aos atores envolvidos velocidade, precisão e conteúdos específicos. Com o apoio financeiro do *Human Resources Development Canada*, a abordagem oferecida inclui um processo de identificação de competências específicas requeridas pelo ambiente de trabalho e o desenvolvimento de ferramentas especialmente desenhadas para as necessidades levantadas, permitindo ainda aos aprendizes o contato com especialistas e consultores técnicos. Também observamos ações coordenadas por governos nacionais, como o Skillfast-UK, na Inglaterra, fórum composto pela parceria entre empregadores e decisores estratégicos institucionais que têm o objetivo de enfrentar os desafios de desenvolvimento de competências profissionais para a capacitação competitiva dos setores têxtil, vestuário e calçados. As ações abrangem sistemas de atendimento a necessidades pessoais ou empresariais de desenvolvimento de carreiras profissionais, com base em tendências globais de mercado e tecnologia. Chamamos a atenção para o fato de que a comercialização de conhecimentos técnicos por empresas privadas é apenas um desdobramento natural da racionalização inerente aos sistemas econômicos. Instituições de ensino, mesmo privadas, seriam melhor enquadradas no sistema cultural, incompatível com métodos de racionalização e automatização de procedimentos.

O que podemos inferir desses exemplos é que o processo de racionalização atinge também os métodos de ensino, sobretudo se estes forem altamente especializados como é o caso do ensino profissionalizante. Desde o momento em que podem ser racionalizados podem ser incorporados pela tecnologia. Podem ser objeto de redução de tempos, movimentos, materiais e recursos financeiros. Como todos os processos sistematizados que aplicam técnicas bem mapeadas, são necessariamente automatizados. Retornando ao texto de Rogério Valle (2003), em referência à obra de Minzberg (1995), “a padronização das qualificações através da educação tecnológica é um recurso já bastante adotado em situações onde não é possível padronizar nem o processo de trabalho, nem os resultados a serem alcançados”(p.60).

Mas que papel cabe às instituições de modelo tradicional de ensino e de difusão de conhecimento especializado? Primeiramente, é preciso lembrar que nem todo corpo de conhecimento especializado moderno pode ser automatizado, por haver níveis de complexidade que não permitem (pelo menos, ainda não) a sistematização de métodos e técnicas de transmissão. Dependendo do grau de complexidade, o sujeito que aprende precisa interagir, em maior ou menor grau, com as experiências do ensino e precisa delas para amadurecer, em um processo não linear, temporalmente longo e relativamente impreciso, pois dependente da plasticidade orgânica e psicológica dos indivíduos. A questão dos cursos de graduação exemplifica o que queremos dizer. A integralização dos cursos em períodos de aproximadamente cinco anos não é condicionada unicamente pela acumulação da carga horária dos programas mas sim pela necessidade do aluno vivenciar o conhecimento transmitido, construindo novas estruturas cognitivas, o que implica em uma mudança psicofisiológica, e não apenas de atitude, em relação ao conhecimento. O fator tempo, neste caso, não pode ser facilmente racionalizado a partir da aquisição do processo pelo empreendimento. Por outro lado, se a capacitação técnica que está ao nível de cognição do profissional, ou seja, que não depende tão fortemente da alteração de suas capacidades mentais e psicológicas para ser efetiva, pode ser facilmente racionalizada em prol das racionalidades estratégicas circunscritas de empregadores e decisores estratégicos, gerando a

possibilidade de incorporação da educação profissional pelo mundo da produção, devemos estar atentos para nossa recente conscientização da complexidade que a necessidade de integração comunicativa da rede de atores de natureza heterogênea provoca. Mesmo se nos restringirmos aos ambientes produtivos, o aumento das dinâmicas técnicas, gerenciais e comerciais, da difusão de sistemas programáveis, e das capacidades tecnológicas e científicas das máquinas, gera a necessidade de decisões e de interações sócio-técnicas que dificilmente podem ser reduzidas a rotinas. Ilustremos nosso ponto de vista com o pensamento de Michel Thiollent (1983):

A relação entre tecnologia e ciências básicas é mediatizada por vários graus de especialização ou de aplicação. Assim, por exemplo, o uso da Física básica é mediatizado por várias mecânicas aplicadas (...). Muita gente se contenta com aplicações de segundo grau (...) sem que seja questionado o tipo de relação que existe ou deveria existir entre a disciplina aplicada e a disciplina básica. Por falta de uma preocupação metodológica e epistemológica, perde-se a visão do conjunto dos problemas relacionados com as possibilidades da investigação e permanece-se apegado à visão utilitarista ou imediatista. A aparente eficiência imediata não compensa necessariamente as potencialidades teórico-metodológicas que são inibidas. (p.66)

Esses aspectos nos levam a assumir a necessidade de existência de instituições de nível superior que congreguem o conhecimento em todos os seus níveis de descoberta e criação, mas não necessariamente oferecendo cursos de formação especializados de longa duração. Em cursos de Engenharia Têxtil, por exemplo, o núcleo de conteúdos específicos (CNE, 2002) reúne disciplinas da área técnica têxtil. As disciplinas introdutórias do núcleo apenas apresentam princípios e conceitos sobre técnicas de tecer, fiar e beneficiar materiais têxteis, assumindo os objetivos educacionais mais elementares da taxionomia proposta por Bloom (1983). Nesses casos, como os objetivos restringem-se aos níveis de conhecimento, compreensão e aplicação, técnicos e engenheiros mecânicos, químicos ou eletrônicos podem ter suas formações complementadas por módulos mais ágeis de capacitação versátil, flexível e continuada nas diversas áreas de conhecimento técnico têxtil, em vez de restringirem-se as possibilidades da educação apenas à formação nos níveis técnico ou superior, especializada na área têxtil. Esta filosofia de ensino gera inúmeras possibilidades de interação entre instituições de ensino e empresas de toda a cadeia produtiva, incluindo fabricantes de máquinas (é preciso lembrar que novas tecnologias de produção são geradoras de novas técnicas de produto, atuando como novas ferramentas para os “*artesãos do design*”). Ao questionarmos a formação de técnicos e de engenheiros especializados em áreas de conhecimento profissional de determinados setores industriais, entretanto, não estamos condenando a existência das instituições tradicionais de ensino profissionalizante. As experiências relatadas ratificam a necessidade de sofrerem transformações em direção a modelos que reforcem sua capacidade de investigação e de realização de pesquisas aplicadas. A pesquisa acadêmica é a atividade principal a ser perseguida por essas instituições já que fatos novos são gerados a cada dia, que resultam da aplicação e do uso de novas tecnologias nos ambientes empresarial e industrial. A especialização dos problemas garante a necessidade de existência de instituições e de profissionais especializados, mas as instituições não têm que necessariamente investir seus recursos na formação técnica, seja no nível médio ou no nível superior de mera aplicação de conhecimentos. Atividades prospectivas permitem a revelação antecipada de relações que ainda não se estabeleceram, mantendo a dianteira na definição de políticas e de estratégias em direção a um futuro desejado por toda a rede. Os desdobramentos estratégicos que tal mudança de base e de abordagem representam devem ser objeto de um estudo cauteloso e aprofundado.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo da década de noventa, por estarem muito defasadas tecnologicamente, desprovidas de ferramentas mais modernas, e mais dependentes de decisões intuitivas, muitas de nossas empresas encontraram dificuldades até mesmo para a utilização plena dos equipamentos adquiridos para enfrentar, através da modernização do sistema fabril, a competição internacional. Devido ao longo período de atraso tecnológico, a capacitação profissional sobreviveu sem desafios durante décadas, período no qual iniciativas sérias de atualização da estrutura do ensino técnico não foram capazes de despertar maior interesse do sistema empresarial. Esta estagnação, associada às barreiras da educação científica nacional para a capacitação e a formação de novos profissionais, contribuiu para que máquinas, ferramentas e métodos de gestão modernos encontrassem no fator humano as principais barreiras à sua ampla e efetiva utilização. A tradição artesanal do setor têxtil deve-se, entre outras causas, possivelmente, ao relacionamento empírico entre os estados da arte, da técnica e da tecnologia, estados cuja integração comunicativa é ainda fortemente apoiada em avaliações humanas pouco sistematizadas, devido não só à grande heterogeneidade de informações entre os estados quanto à frágil sistematização de parâmetros e de métodos científicos no projeto do produto e do processo.

Neste trabalho pode-se confirmar, entretanto, uma tendência: a da incorporação das aplicações da ciência nos processos de fabricação, o que gera, paradoxalmente, um retorno às características dos processos artesanais. Desta vez, entretanto, pelo uso de ferramentas tecnológicas que trabalham com princípios científicos cada vez mais difundidos e cada vez mais próximos dos usuários.

A implicação da adoção desses novos conceitos de produção e de desenvolvimento de tecnologia na distribuição ocupacional e na qualificação para o trabalho merece um estudo criterioso que considere, pelo menos, a heterogeneidade de estratégias adotadas pelos principais atores institucionais envolvidos, como um fator crítico a ser interpretado e analisado. Mais do que conciliar interesses parciais e ações estratégicas resultantes da interação tradicional entre a cadeia produtiva têxtil e os sistemas de ensino profissional que lhe prestam serviços, deve-se considerar a entrada de outros atores que precisam ser, pelo menos, descritos, assim como devem ser descritas as relações novas que estabelecem entre si. Esses novos atores transcendem, como nos ensina a ANT, os conceitos sociológicos tradicionais, centrados no homem, para considerar elementos humanos e não-humanos, materiais e imateriais, máquinas e sistemas intelectuais. Nada pode ser esquecido. Como sugere Pierre Lévy (1998), a Tecnologia determina nossa maneira de pensar. Novos conceitos de formação emergem de contextos que estão sendo construídos diariamente pelas inovações tecnológicas e que precisam ser considerados para definir, de maneira clara, os novos papéis que desempenharão as instituições de ensino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLOOM, Benjamin S. et alii. **Taxionomia de objetivos educacionais**. 8. ed. Porto Alegre: Ed. Globo, 1983.

BUNGE, Mario. **Epistemologia: curso de atualização**. São Paulo: Ed. USP, 1980.

Disponível em: www.lcmi.ufsc.br/~andrer/ref/bibliogr/filos/epist/epist1.htm

Acessado em: 19 nov. 2003.

CAVALCANTI, Marcos do Couto Bezerra, BALCEIRO, Raquel Borba. **As Inovações Tecnológicas na Era da Informação**. Anais do XVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP 97 (1997: Gramado, RS).

CNE. **Resolução CNE/CES 11/2002**. Brasília: Diário Oficial da União, 9 de abril de 2002. Seção 1, p32.

DURKHEIM, Émile. **Regras do método sociológico**. Trad. Pietro Nasseti. São Paulo: Ed. Martin Claret, 2003.

LATOUR, Bruno. **A prologue in form of a dialog between a Student and his (somewhat) socratic professor.**

Capturado em: <http://www.ensmp.fr/~latour/articles/article/090.html>

Acessado em: 1 dez. 2003.

LÉVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência.** Trad. Carlos Irineu da Costa. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1998.

MINZBERG, H. **Criando organizações eficazes. Estruturas em cinco configurações.** São Paulo: Ed. Atlas, 1995.

THIOLLENT, Michel. Problemas de metodologia. In FLEURY, A. e VARGAS, N. **Organização do trabalho.** São Paulo: Ed. Atlas, 1983, Cap. 3, p. 54-83.

VALLE, Rogério (Coord.). **O conhecimento em ação: novas competências para o trabalho no contexto da reestruturação produtiva.** Rio de Janeiro: Ed. Relume Dumará, 2003.

VAN HOUSE, Nancy. In: RYDER, Martin. **What is Actor-Network Theory?**

Capturado em: http://carbon.cudenver.edu/~mryder/itc_data/ant_dff.html

Acessado em: 1 dez. 2003.

IMPACTS OF PRODUCTION SYSTEMS TECHNOLOGICAL INTEGRATION ON THE TEXTILE ENGINEERING EDUCATION

Abstract: *This document discusses structural and philosophical trends on the professional education for the textile industry. Patterns of technological development revealed in XIV edition of ITMA (International Textile Machinery Association) are presented. New concepts of integration in a complex actor's network seems to be driving technological research and development investments in the textile supply chain. Rationalization and actor's network concepts are investigated as factors that are inducing new approaches in the textile engineering education.*

Palavras chave: *Technology, ITMA, Actor's network, Textile engineers.*