Programa de Pesquisa em Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial no Brasil

Coordenação: Paulo N. Figueiredo*

Acumulação de capacitação tecnológica e inovação na indústria eletrônica — evidências de Manaus (1970-2000): breve nota de conclusão de estudo**

Norlela Ariffin***
Paulo N. Figueiredo

1. Introdução

Esta é uma breve nota sobre os principais resultados e conclusões do estudo sobre desenvolvimento de capacitação tecnológica e inovação numa amostra de 29 empresas da indústria eletrônica em Manaus, AM, durante o período de 1970 a novembro de 2000. Este estudo insere-se nas atividades do Programa de Pesquisa em Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial no Brasil, da EBAP.

O estudo foi implementado à luz das estruturas analíticas desenvolvidas em Ariffin e Bell (1999), Ariffin (2001) e Figueiredo (2001). Para identificação e mensuração do desenvolvimento da capacitação tecnológica nas empresas da amostra, o estudo usou metodologia específica para a indústria eletrônica global, a fim de possibilitar a comparação internacional (Ariffin, 2001). A mensuração do desenvolvimento de capacitação tecnológica é composta de seis níveis. Essa estrutura permite examinar o desenvolvimento em duas dimensões:

- movimento da empresa a partir da manufatura de produtos simples em direção à fabricação de produtos crescentemente "avançados" e complexos (por exemplo, de produtos eletrônicos analógicos para digitais); as capacitações tecnológicas relativas a essas atividades são denominadas "capacitações de rotina", isto é, para operar eficientemente uma fábrica de produtos eletrônicos; elas correspondem aos níveis 1 e 2 na estrutura de avaliação de capacitação tecnológica;

* Professor adjunto da EBAP/FGV.
** A pesquisa a que se refere este artigo foi patrocinada pelo Instituto Superior de Administração e Economia (Isae-Amazônia), juntamente com o Centro das Indústrias do Estado do Amazonas (Cieam) e a Fundação Centro de Análise e Pesquisa em Inovação Tecnológica (Fucapi). Os autores são extremamente gratos à direção da EBAP e à chefia do Centro de Formação Acadêmica e Pesquisa pelo apoio e encorajamento à execução deste estudo, bem como às entidades patrocinadoras e às empresas participantes da pesquisa.
*** Universiti Tenaga Nasional (Uniten), Malásia, e consultora sênior do Malaysian Industry-Government Group for High Technology (Might).

- movimento a partir de atividades de rotina (operação) em direção a atividades com maior nível de complexidade ou profundidade tecnológica (por exemplo, da operação básica de produção em direção à realização de vários tipos de *design*, engenharia de desenvolvimento e, posteriormente, diferentes tipos de P&D); as capacitações tecnológicas relativas a essas atividades são denominadas "capacitações inovadores", isto é, para realizar adaptações, *design* e desenvolvimento em atividades de processo e organização da produção, produtos, equipamentos e engenharia de projetos; tais capacitações referem-se aos níveis 3 a 6 na estrutura de avaliação de capacitação tecnológica.

O estudo foi implementado ao longo de 12 meses através das etapas piloto e definitiva. A fim de realizarem um exame com o adequado nível de profundidade e detalhe, os pesquisadores obtiveram evidências empíricas através de múltiplas fontes em cada empresa estudada e no pólo industrial de Manaus.

2. Principais resultados e conclusões

O estudo encontrou dois tipos de desenvolvimento de capacitações tecnológicas. O primeiro refere-se ao desenvolvimento de capacitação para atividades de rotina relativas aos níveis 1 e 2 da estrutura de capacitação tecnológica, em diversas áreas:

- equipamento, ferramentaria, moldes, manutenção corretiva e preventiva;
- processos e organização da produção — capacitação para produtos crescentemente mais avançados, processos de produção mais confiáveis e padronizados, uso de alta tecnologia de equipamento e automação, auto-inserção em alta velocidade e mudanças de leiaute para aumentar a produtividade do processo de manufatura;
- rápida transferência do desenho de produto para a manufatura e rápido *lead-time*;
- produtos — evolução de montagem de *kits* para montagem de componentes separados;
- gestão de projetos — instalação e manutenção.

Adicionalmente, o estudo constatou que o desenvolvimento tecnológico em Manaus *não* está confinado às capacitações de rotina de produção (níveis 1 e 2), nem à chamada "tecnologia de processo". Mais especificamente, o estudo encontrou uma variedade de capacitações tecnológicas inovadoras dos níveis 2 ao 5, como mostra o quadro apresentado neste artigo.

Portanto, nenhuma empresa da amostra está confinada aos níveis básicos de capacitação tecnológica. Ao contrário, ao longo dos últimos 12 anos as empresas intensificaram o desenvolvimento de diversos tipos e níveis de capacitação tecnológica inovadora.

À luz da estrutura analítica em Ariffin (2001) e Figueiredo (2001), entre os fatores que influenciaram fortemente o desenvolvimento dessas capacitações inovadoras estão diversos processos inter e intrafirma de aprendizagem, isto é, usados dentro das empresas da amostra e entre elas e suas irmãs locais e/ou internacionais. Por exemplo, foram encontrados variados mecanismos para adquirir conheci-

Capacitações tecnológicas inovadoras encontradas

Capacitações inovadoras para atividades de equipamento (níveis 3 a 5)	Capacitações inovadoras em processos e organização da produção (níveis 2 a 5)	Variedade de capacitações inovadoras em produto (níveis 2 a 5)
t Desenvolvimento próprio de *jigs* de teste e equipamentos *burn-in* e reengenharia de equipamentos. t Desenvolvimento próprio de sensores automáticos para sistemas esteiras e instrumentos pneumáticos para aumentar velocidade do fluxo da produção. t Patentes — desenvolvimento próprio de teste automático de equipamento e *software* para teste de multiprodutos (*testcad* próprio). t Injeção de precisão de plástico e modificação de moldes para fabricantes de produtos eletrônicos de consumo e de telecomunicações.	t Transferência de *design* para manufatura, otimização do leiaute e do fluxo de produção, estudos de tempos e movimento e ergonométricos (via filmagem). t Sistemas de qualidade ISO 9002, ISO 14001, Rial, *in-line* QC. t Sistema integrado *on-line* de controle da produção e MRP. t Análise detalhada de falhas (FMEA), 6 Sigma e CEP. t *Just-in-time* dentro do fluxo de produção da empresa (Kanban). t Entrega *just-in-time* entre fornecedores de partes e componentes e empresas de produtos eletrônicos de consumo. t Produção flexível e de múltiplas habilidades —sistemas de robôs baseados em células, manufatura baseada em célula, processos inovadoras e flexíveis com indivíduos habilitados a acompanhar e sugerir mudanças de leiaute para aumentar a produtividade do processo de produção. t Reengenharia reversa de processos de outras indústrias (por exemplo, moveleira) em outros países (por exemplo, Itália). t Reorganização da empresa e estruturas inovadoras de gestão. t Desenvolvimento de software para controle de processos. t Fluxo reverso de conhecimento de Manaus para outros lugares. Por exemplo: venda de equipamento de teste de multiprodutos para os EUA e Canadá e para fábricas irmãs na Ásia (ano de 2000); transferência de sensores automáticos para fluxo de processo para fábricas irmãs em diversas partes do mundo; provisão de treinamento para instalação de fábrica na Europa.	t Algumas modificações em desenho de produtos — interface produto-processo, ISO 9001. t Desenvolvimento conjunto de novos modelos de produtos a alguns desenhos reversos de produto com São Paulo, Cingapura, EUA e Japão. t Transferência de *software* para circuito integrado, desenho de chassis, desenho "customizado" de circuito integrado e desenvolvimento de produto novo. t Prototipagem e transferência *on-line* de produtos.

mento tecnológico de fontes externas e internas às empresas. Em paralelo, as empresas se engajaram na construção e uso de diferentes mecanismos para transformar esse conhecimento em ativo da empresa, incorporando-o em procedimentos e processos de produção, práticas de gestão, nos sistemas físicos e nos produtos.

As evidências do estudo sugerem que certas generalizações negativas que rotulam as empresas da indústria eletrônica de consumo em Manaus como um con-

junto homogêneo de "simples montadoras de *kits*" são equivocadas. Várias empresas têm intensificado esforços de exportação para a América Latina e uma das empresas da amostra tem exportado cerca de 50% da sua produção desde 1996.

Por isso, e levando em consideração a atual queda mundial de demanda por bens eletrônicos, recomendam-se práticas gerenciais e governamentais para fortalecer as capacitações tecnológicas na indústria eletrônica de consumo em Manaus, a fim de que esta possa se tornar uma competitiva plataforma exportadora até 2020. Mais especificamente, o estudo faz recomendações para o posicionamento estratégico da indústria eletrônica de consumo em Manaus para 2020, em relação a São Paulo, Cingapura, Malásia e China.

Outros fatores podem influenciar a competitividade e sustentabilidade da indústria eletrônica de consumo em Manaus:

- tipos de iniciativa governamental — manutenção e/ou aprimoramento dos incentivos fiscais convencionais; fortalecimento de incentivos à inovação, como os da Lei de Informática; extinção de quaisquer barreiras à exportação e criação de possíveis mecanismos de estímulo à exportação, a exemplo da Malásia; ampliação e inovação das estruturas aduaneiras, a exemplo de Cingapura e da Malásia;

- fortalecimento de um sistema local de fornecedores — indústria local de suporte (plásticos de precisão e partes de metal, ferramentaria e pintura, estamparia, indústria de componentes eletrônicos e serviços de subcontratação de montagem).

Embora o estudo não tenha encontrado níveis de capacitação tecnológica baseados puramente em P&D, as evidências contribuem para desfazer a perspectiva polarizada sobre a capacitação tecnológica industrial que, como em outros países em industrialização, é predominante no Brasil: "simples montagem" *ou* "P&D". Entre esses dois pólos existe uma diversidade de atividades tecnológicas altamente inovadoras, de níveis pré-intermediário, intermediário e intermediário superior.

A proliferação de empresas com esses níveis inovadores de capacitação numa economia permite um considerável aumento de sua capacidade exportadora. Por exemplo, o sucesso exportador de certas economias asiáticas nem sempre está relacionado a atividades de pesquisa básica, mas à presença de inúmeras empresas com capacitações tecnológicas inovadoras intermediárias em produtos e processos. Obviamente, para se tornar industrializado, um país deve ter empresas locais engajadas em atividades de pesquisa. Ao mesmo tempo, ao contrário de dar "saltos" tecnológicos, seguir uma trajetória cumulativa e contínua de desenvolvimento de capacitação tecnológica é certamente uma precondição para se chegar aos níveis mais avançados, isto é, próximos da fronteira tecnológica internacional. Porém, não se consegue isso na indústria de um país como um todo: nem todos os setores industriais de países hoje industrializados estão na fronteira tecnológica.

Portanto, estudos realizados através do Programa de Pesquisa em Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial no Brasil da EBAP/FGV contribuem para acumular

evidências que possibilitam entender como certos segmentos industriais e, mais especificamente, como certas empresas no Brasil aceleram o desenvolvimento de suas capacitações tecnológicas, a fim de se tornarem mais competitivas num mercado mundial cada vez mais interconectado. Novos estudos em diferentes segmentos industriais são necessários para que se possa conhecer, com adequado nível de profundidade e detalhe, a diversidade de experiências — bem-sucedidas ou não — de desenvolvimento de capacitação tecnológica industrial no Brasil. Com base nesses tipos de evidências novas ações empresariais e governamentais poderão ser tomadas com o intuito de acelerar o processo de inovação tecnológica na indústria no Brasil.

Referências bibliográficas

Ariffin, Norlela. The internationalisation of innovative capabilities: the Malaysia electronics industry. United Kingdom, Science and Technology Policy Research, University of Sussex, 2001. (PhD. Thesis.)

——— & Bell, Martin. Firms, politics and political economy: patterns of subsidiary-parent linkages and technological capability-building in electronics. TNC subsidiaries in Malaysia. In: Rasiah, Jomo K. S. Rajah & Felker, Greg (eds.). *Industrial technological development in Malaysia: industry and firm studies*. London, Routledge, 1999.

Figueiredo, Paulo N. *Technological learning and competitive performance*. Cheltenham, UK, Northampton, USA, Edward Elgar, 2001.