

Aprendizagem Tecnológica: uma Análise da Contribuição dos Mecanismos de Aquisição e Conversão do Conhecimento para o Acúmulo da Capacidade Tecnológica

ANTONIO IACONO¹

MARCELO SEIDO NAGANO²

¹ Universidade de São Paulo (USP) / Escola de Engenharia de Lorena, Lorena – SP, Brasil

² Universidade de São Paulo (USP) / Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos – SP, Brasil

Resumo

Este artigo tem por objetivo analisar os processos de aprendizagem e identificar os mecanismos de aquisição e conversão de conhecimento que contribuem significativamente para o processo de acúmulo de capacidade tecnológica. A fim de alcançar tais objetivos, realizou-se um estudo exploratório junto a 44 empresas do setor de bens de capital mecânico no Brasil. Para analisar a contribuição dos mecanismos de aquisição e conversão de conhecimento, foram utilizados o Índice de Capacidade Tecnológica (ICT) e a regressão linear múltipla com seleção de variáveis *stepwise*. Os resultados da análise econométrica revelaram a aderência de poucos mecanismos de aprendizagem para a aquisição externa de conhecimento, aquisição interna de conhecimento e codificação de conhecimento. O uso de apenas um ou outro mecanismo, por mais eficiente que se apresente, não é suficiente para contribuir e explicar o ICT. É necessário ampliar e aprimorar continuamente uma variedade de mecanismos em todos os tipos de processos de aprendizagem, para rotinizar a conversão de aprendizagem individual em organizacional.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizagem Tecnológica. Capacidade Tecnológica. Aquisição de Conhecimento. Conversão de Conhecimento.

Artigo submetido em 27 de fevereiro de 2019 e aceito para publicação em 11 de novembro de 2019.

DOI: <http://dx.doi.org/10.12660/rgplp.v18n2.2019.78459>



Technological learning: an analysis of the contribution of the mechanisms of acquisition and conversion of knowledge to the accumulation of technological capacity

Abstract

This article aims to analyze the learning processes and to identify the knowledge acquisition and conversion mechanisms that contribute significantly to the accumulation of technological capacity. An exploratory study was carried out among 44 companies in the mechanical capital goods sector in Brazil. The study analyzed the contribution of knowledge acquisition and conversion mechanisms, using a Technological Capacity Index (TCI) and multiple linear regression with selection of stepwise variables. The results of the econometric analysis revealed the adherence of few learning mechanisms to external knowledge acquisition, internal knowledge acquisition, and knowledge coding. The use of only one mechanism or another, however efficient, is not enough to contribute and explain the TCI. It is necessary to continuously improve a variety of mechanisms in all types of learning processes to routinize the conversion of individual to organizational learning.

KEYWORDS: Technological learning. Technological capability. Knowledge acquisition. Knowledge conversion.

Aprendizaje tecnológico: un análisis de la contribución de los mecanismos de adquisición y conversión del conocimiento para la acumulación de capacidad tecnológica

Resumen

Este artículo tiene como objetivo analizar los procesos de aprendizaje e identificar los mecanismos de adquisición y conversión de conocimiento que contribuyen significativamente al proceso de acumulación de capacidad tecnológica. Para lograr estos objetivos, se realizó un estudio exploratorio con 44 empresas del sector de bienes de capital mecánicos en Brasil. Para analizar la contribución de los mecanismos de adquisición y conversión de conocimiento, se utilizó un Índice de Capacidad Tecnológica (ICT) y regresión lineal múltiple con selección de variables por *stepwise*. Los resultados del análisis econométrico revelaron la adhesión de pocos mecanismos de aprendizaje para la adquisición externa de conocimiento, la adquisición interna de conocimiento y la codificación de conocimiento. El uso de solo un u otro mecanismo, por eficiente que sea, no es suficiente para contribuir y explicar el ICT. Es necesario ampliar y refinar continuamente una variedad de mecanismos en todos los tipos de procesos de aprendizaje para hacer de la conversión del aprendizaje individual en organizacional una rutina.

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje tecnológico. Capacidad tecnológica. Adquisición de conocimiento. Conversión de conocimiento.

INTRODUÇÃO

A aquisição de capacidade tecnológica tem sido considerada, ao longo das últimas décadas, um fator-chave no sucesso da industrialização de países em desenvolvimento. No entanto, o aprimoramento de habilidades, experiências e esforços, necessários para a aquisição dessa capacidade, não é de fácil realização. Em outros termos, a construção de capacidades tecnológicas que possibilitem às organizações adquirirem, utilizarem, adaptarem e criarem tecnologias de maneira eficaz não é um processo passivo, mecanicista ou automático; pelo contrário, é um processo deliberado de aprendizado e acumulação de vários conhecimentos e habilidades (ROMIJN, 1997; LALL, 1992).

Outro aspecto importante que diferencia os países desenvolvidos daqueles de industrialização tardia é a velocidade do processo de acúmulo de capacidade tecnológica. Conforme Figueiredo (2001 e 2003), as empresas de países desenvolvidos que atuam na tecnologia de fronteira já apresentam competências tecnológicas inovadoras, o que não ocorre com as empresas que atuam em economias de industrialização tardia, em que fazem uso de tecnologias provindas de outros países. Assim, a competitividade dessas empresas requer a aquisição e a criação de conhecimento para o acúmulo de sua própria capacidade tecnológica.

Os processos de aquisição e conversão de conhecimento contêm diferentes mecanismos de aprendizagem que influenciam a trajetória de acumulação de capacidade tecnológica das empresas. Assim, conforme Figueiredo (2001), entender o funcionamento do sistema de aprendizagem, pela análise das características dos processos de aquisição e conversão de conhecimento praticados pelas empresas, auxilia na identificação de sistemas eficazes ou ineficazes de aprendizagem, e, portanto, em um melhor direcionamento para o acúmulo de capacidade tecnológica e consequente aprimoramento do desempenho técnico e econômico da empresa ao longo do tempo.

Diante disso, este artigo, centrado em empresas de economias emergentes, tem por objetivo analisar os sistemas de aprendizagem para a acumulação de capacidade tecnológica com ênfase tanto nos processos e mecanismos de aquisição (aprendizagem no plano individual) quanto nos processos de conversão de conhecimento (aprendizagem no plano organizacional).

Este artigo apresenta, na seção seguinte, os principais conceitos sobre aprendizagem tecnológica com ênfase nos processos e mecanismos para o processo de acúmulo de capacidade tecnológica. Em seguida, são dispostos os indicadores para mensuração da capacidade tecnológica, o Índice de Capacidade Tecnológica (ICT), utilizado neste trabalho. A seção subsequente apresenta o referencial analítico em que se baseia esta pesquisa e o método utilizado para examinar os tipos de processos de aprendizagem. Por fim, apresentam-se os resultados obtidos na análise, e são reunidas as considerações finais.

REFERENCIAL TEÓRICO E HIPÓTESES DA PESQUISA

Aprendizagem Tecnológica

De acordo com Kim (2001), a aprendizagem tecnológica pode ser entendida como o processo de construção e acumulação de competências tecnológicas e, conforme Bell (1984), compreende vários processos pelos quais a aprendizagem individual converte-se em aprendizagem

Processos de Aquisição Externa do Conhecimento

Os processos de aquisição externa do conhecimento referem-se àqueles obtidos fora da empresa, sejam eles de natureza tácita ou explícita (codificada).

Em países em desenvolvimento, as empresas, de maneira geral, apresentam escassez de recursos e, portanto, para que possam construir e acumular as próprias competências para operar tecnologias existentes ou gerar novas tecnologias, precisam empenhar-se na obtenção de conhecimento externo (FIGUEIREDO, 2009). No entanto, vale destacar que a obtenção de conhecimentos externos não é um processo trivial, que ocorre de forma automática, ou seja, requer iniciativas deliberadas e efetivas para a seleção e a captura dos conhecimentos.

As principais formas de aprendizagem geradas por fontes externas são a aprendizagem por imitação e a aprendizagem por interação. Para Filippini e Molini (2003), políticas para a imitação e a engenharia reversa têm sido incentivadas para a redução e a eliminação do amplo abismo tecnológico que países em desenvolvimento apresentam em relação aos países avançados. Aprendizagem por imitação é obtida a partir da reprodução de inovações introduzidas por outras empresas, de maneira autônoma e não cooperativa, e, para isso, conforme Cassiolato (2004), a empresa precisa estar capacitada para a realização da engenharia reversa do produto. A engenharia reversa, conforme Rosenberg (2013), tem se revelado uma estratégia bem-sucedida para a criação de conhecimento “novo para a empresa”, embora não novo no mundo. Para Kiamehr (2017), o desenvolvimento de capacidades tecnológicas em economias emergentes passa por estágios de aprendizado de tecnologias de produto e processo, começando com tarefas simples, como montagem (capacidade de produção), depois aprimoramentos de processo e aprendizado de tecnologia de produto por meio de engenharia reversa e, finalmente, passando para P&D de produto e processo (*design* de produto e processo).

A aprendizagem por interação refere-se ao fluxo sistemático de informações. O aprofundamento do aprendizado por interação pressupõe certa seletividade nos relacionamentos entre empresas, determinado tempo para o fortalecimento da confiança entre os agentes e um sistema de incentivos que induzam o processo (LUNDVALL, 1992).

Nesse sentido, este artigo levanta a hipótese:

H1. As variáveis que compõem os processos de aquisição de conhecimentos externos são positivamente correlacionadas com o processo de acúmulo de capacidade tecnológica em empresas estabelecidas.

Processos de Aquisição Interna do Conhecimento

São os processos em que os indivíduos obtêm conhecimento tácito a partir de várias atividades realizadas dentro da empresa. A aprendizagem ocorre por meio de tarefas de rotina, relacionadas com processos, produtos, produção e equipamentos. Conforme Figueiredo (2003 e 2009) e Mathews (2002), esses processos são fundamentais, pois possibilitam inserir na empresa os conhecimentos adquiridos externamente e capacitá-las para a realização de diferentes atividades inovadoras. É importante enfatizar, conforme Cassiolato (2004), que o conhecimento externo novo só pode ser obtido em uma empresa a partir de sua capacidade interna, isto é, a empresa precisa estar internamente apta para o recebimento, a elaboração e a assimilação de novos conhecimentos.

As principais formas de aprendizagem, obtidas a partir de fontes internas, que se destacam são: (i) aprendizagem por uso, a qual está relacionada com a adaptação da empresa a novas tecnologias; (ii) aprendizagem por experiência, considerada fator-chave na acumulação de conhecimento que conduz à inovação, conforme destacado em Beneito, Rochina-Barrachina e Sanchis (2014). A empresa aprende por meio da própria produção, ou seja, a tecnologia, nesse caso, é em função da experiência de cada empresa na produção dos diferentes bens (DE NEGRI, 2005); (iii) aprendizagem por pesquisa, a qual ocorre a partir das atividades formais de P&D, voltadas à criação de novos conhecimentos.

Nesse sentido, este artigo levanta a hipótese:

H2. As variáveis que compõem os processos de aquisição de conhecimentos internos são positivamente correlacionadas com o processo de acúmulo de capacidade tecnológica em empresas estabelecidas.

Processos de Socialização do Conhecimento

Os processos de socialização do conhecimento ocorrem pelo compartilhamento do conhecimento tácito, transferido de uma pessoa para outra, por meio de observação, reuniões, trabalho conjunto na solução de problemas e alternância de tarefas (FIGUEIREDO, 2001).

Conforme Kogut e Zander (1992), é pela interação entre indivíduos de um grupo que ocorre a transferência do saber e de informações. O conhecimento gerado pelos indivíduos de um grupo vai além do domínio das informações, estendendo-se a como as atividades precisam ser organizadas. A transferência de conhecimentos entre os indivíduos é facilitada pelo compartilhamento de uma base comum de conhecimento, de natureza técnica e organizacional.

Para Cyr e Choo (2010), o compartilhamento de conhecimento nas organizações pode ser visto como o comportamento pelo qual um indivíduo voluntariamente fornece a outros membros da organização acesso a seus conhecimentos e experiências. O compartilhamento de conhecimento é moldado por muitos fatores, incluindo a cultura da organização, a natureza da tecnologia e os valores e atitudes do indivíduo em relação ao compartilhamento. Nesse sentido, este artigo levanta a hipótese:

H3. As variáveis que compõem os processos de socialização de conhecimentos são positivamente correlacionadas com o processo de acúmulo de capacidade tecnológica em empresas estabelecidas.

Processos de Codificação do Conhecimento

Os processos de codificação do conhecimento referem-se àqueles em que o conhecimento tácito é representado por conceitos codificados. Em outros termos, são processos em que o conhecimento tácito assume formatos e procedimentos organizados, de fácil compreensão. Tais processos são fundamentais para a disseminação dos conhecimentos na organização (FIGUEIREDO, 2009).

De acordo com Prencipe e Tell (2001), os mecanismos de codificação são responsáveis pela transformação do conhecimento em informação na forma de mensagens de fácil identificação

e transmissão para os tomadores de decisão. A codificação, segundo Teece (2007), possibilita novas combinações de conhecimento codificado acumulado. São vários os mecanismos de codificação de conhecimento, entre os quais se destacam a padronização de métodos de produção, documentação e seminários.

Figueiredo (2003 e 2009) enfatiza que treinamentos internos são fundamentais para a promoção tanto de processos de socialização quanto de codificação do conhecimento, ou seja, é mediante tais processos que ocorre a conversão da aprendizagem individual em organizacional. Nesse sentido, este artigo levanta a hipótese:

H4. As variáveis que compõem os processos de codificação de conhecimentos são positivamente correlacionadas com o processo de acúmulo de capacidade tecnológica em empresas estabelecidas.

Capacidade Tecnológica: Indicadores para Mensuração

De maneira simples, conforme mostrado em Yam, Lo, Tang et al. (2011), a capacidade de inovação tecnológica pode ser definida como um conjunto de características que facilitam e apoiam as estratégias de inovação tecnológica das empresas.

Em uma definição mais ampla, a capacidade tecnológica, conforme Bell e Pavitt (1995), refere-se aos recursos essenciais para gerar e gerenciar as mudanças técnicas e compreende, em particular, habilidades, conhecimentos, experiências e estrutura institucional. Esses recursos estão armazenados e acumulados em pelo menos três componentes, a saber: capital humano, sistema organizacional e sistemas técnico-físicos (FIGUEIREDO, 2014).

Uma das taxonomias mais elaboradas de capacidade tecnológica, no âmbito de empresa, é a de Lall (1992). De acordo com Molina-Domene e Pietrobelli (2012), a taxonomia de Lall de capacidades tecnológicas tem sido usada com sucesso em estudos de caso para avaliar os níveis de desenvolvimento tecnológico no âmbito de empresa nos países em desenvolvimento (LALL, 1987; ROMIJN, 1997). No âmbito de empresa, a taxonomia de Lall (1992) captura vários aspectos da capacidade tecnológica. Neste trabalho, foram considerados dois principais tipos: capacidades de produção e capacidades de vínculos externos.

Capacidades de Produção

As capacidades de produção referem-se às habilidades e aos conhecimentos necessários para a operação das instalações de produção. Variam de habilidades tecnológicas básicas, como controle de qualidade e inventário, operação e manutenção, para os mais avançados, como a melhoria ou a adaptação para pesquisa, *design* e inovação (EGBETOKUN, 2009; EGBETOKUN, ADENIYI, SIYANBOLA et al., 2012). Esses processos referem-se à engenharia de processo, engenharia de produto e engenharia industrial (LALL, 1992; BIGGS, SHAH e SRIVASTAVA, 1995). Isso implica o domínio das tecnologias e também a inovação menor ou maior. Eles abrangem tanto o processo e as tecnologias de produto quanto as funções de acompanhamento e controle incluídas na engenharia industrial. As habilidades envolvidas determinam não apenas como as tecnologias são exploradas e melhoradas, mas também a forma como os esforços internos são utilizados para absorver tecnologias compradas ou imitadas de outras empresas.

Capacidades de Vínculos Externos

As capacidades de vínculos externos referem-se às habilidades necessárias para transmitir informação, habilidades e tecnologia para receber conhecimento a partir de componentes ou fornecedores de matérias-primas, empresas de serviço, consultores e institutos de tecnologia. Destacam os diferentes agentes que promovem interações de natureza mercadológica ou não mercadológica para a geração, a adoção e o uso de novas tecnologias ou das já existentes. Incluem a análise de clientes, fornecedores, fabricantes, universidades, instituições financeiras, governo etc. (LALL, 1992; OLAMADE, 2001). Tais ligações afetam não só a eficiência produtiva da empresa (permitindo que ela se especialize mais completamente), mas também a difusão da tecnologia. A importância dos vínculos extramercados para a promoção do aumento da produtividade é reconhecida na literatura de países desenvolvidos.

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Composição da Amostra

Este trabalho tem por objetivo analisar os processos de aprendizagem para o acúmulo de capacidade tecnológica, e para tal foram selecionadas 44 empresas do setor de bens de capital, com no mínimo 50 funcionários, presentes no mercado há mais de 20 anos e agrupadas em quatro subsetores, segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0). Fazem parte da amostra empresas de capital nacional e empresas transnacionais.

As atividades principais realizadas pelas empresas compreendem a fabricação de máquinas, equipamentos de uso geral, máquinas-ferramenta, motores, bombas e compressores. O estudo compreendeu empresas localizadas na região Sudeste, em especial no estado de São Paulo, por representar uma parcela importante de empresas do setor.

Coleta de Dados

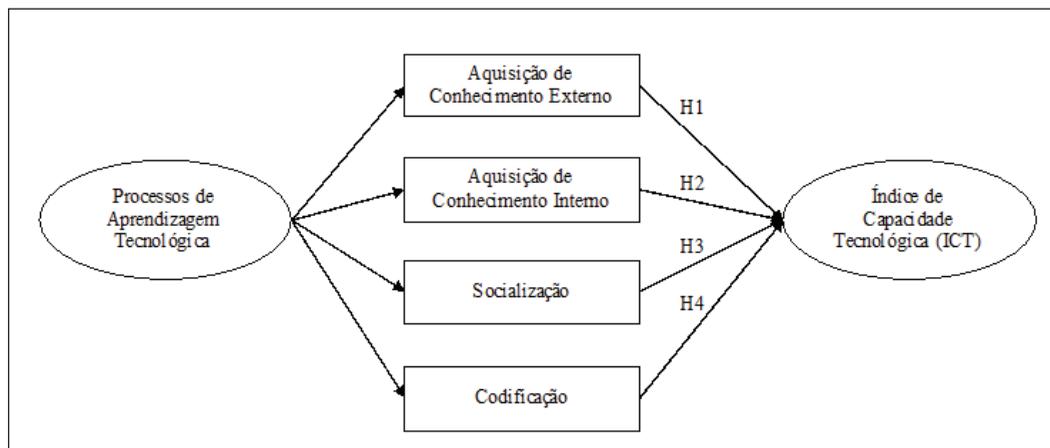
Este trabalho fez uso de várias fontes de evidências. Como instrumento de coleta de dados, foi utilizado um roteiro para entrevistas, subdividido em duas partes: a primeira parte teve por objetivo compor o ICT, e a segunda compreendeu questões voltadas para a análise dos processos de aprendizagem tecnológica apresentadas pelas empresas. As entrevistas foram presenciais, realizadas junto a 52 profissionais, entre diretores, gerentes e técnicos das respectivas áreas de interesse. Fez-se uso também da análise de documentos, que compreendeu relatórios e registros organizados em banco de dados.

Estrutura Analítica da Pesquisa

Conforme já destacado em Figueiredo (2001), os quatro tipos de processos de aprendizagem, apresentados na Figura 1, contêm diferentes mecanismos que influenciam a trajetória de acumulação de capacidade tecnológica das empresas.

Dessa forma, este trabalho propõe uma estrutura de investigação na qual esses quatro tipos de processos de aprendizagem podem desempenhar papel importante na promoção da capacidade tecnológica das empresas estabelecidas. A Figura 2 apresenta a estrutura analítica deste estudo.

FIGURA 2
Estrutura Analítica da Pesquisa



Fonte: Elaborada pelos autores.

As variáveis independentes e dependente são descritas nas seções que seguem.

Variável Dependente: ICT

Para analisar a contribuição dos processos de aprendizagem para a acumulação de capacidade tecnológica, foi utilizado o ICT, com base nas variantes da taxonomia de Lall (1992). De acordo com Molina-Domene e Pietrobelli (2012), a taxonomia de Lall de capacidades tecnológicas tem sido usada com sucesso em estudos de caso para avaliar os níveis de desenvolvimento tecnológico no âmbito de empresa nos países em desenvolvimento (LALL, 1987; ROMIJN, 1997). Esse índice tem sido amplamente adotado para operacionalizar a capacidade tecnológica no âmbito de empresa, com destaque para os estudos de Molina-Domene e Pietrobelli (2012), Romijn (1997) e Wignaraja (2002 e 2008).

Para compor o índice, as variáveis mensuradas foram agrupadas em engenharia de processo, engenharia de produto, engenharia da qualidade e desenvolvimento de vínculos externos. Foram utilizadas variáveis categóricas 0 (nenhum), 1 (*ad hoc*) e 2 (sistemático), capturando os diferentes níveis de competência (baixo, médio e alto), conforme mostrado no Apêndice A.

A cada empresa foi atribuída uma pontuação, com base em seu nível de competência. A pontuação máxima é de 38 pontos para a capacidade, considerando um total de 19 variáveis, e pode ser obtida pela soma do valor máximo do grau de competência apresentado em cada função. Os resultados foram, então, normalizados entre 0 e 1, para fornecer o ICT. A tabela apresentada no Apêndice B mostra a distribuição das frequências dos escores do ICT para as 44 empresas investigadas.

Variáveis Independentes: Processos de Aprendizagem Tecnológica

Para avaliar a contribuição dos processos de aprendizagem para o processo de acúmulo de capacidade tecnológica, foi adotada como valor de medição a intensidade em que os processos ocorrem nas empresas. A intensidade é definida como a frequência com que são criados, atualizados, utilizados e aperfeiçoados os processos de aprendizagem ao longo do tempo.

De acordo com Figueiredo (2001 e 2009), os processos esporádicos de aprendizagem seguramente não resultarão em uma aquisição de conhecimentos eficaz e tampouco na internalização organizacional. Com o tempo, certas práticas podem ser rotinizadas e passar a fazer parte da rotina diária da empresa. Nesse sentido, a intensidade é importante, porque pode garantir um fluxo constante de saber externo para a empresa e assegurar a constante conversão da aprendizagem individual em aprendizagem organizacional.

As medidas de intensidade adotadas para este estudo foram adaptadas de Figueiredo (2001 e 2009) e constituem quatro indicações, a saber: (0) ausência de mecanismo; (1) rara; (2) intermitente; e (3) contínua.

RESULTADOS E ANÁLISES

Confiabilidade e Validade das Escalas

Para analisar a contribuição das variáveis para o acúmulo de capacidade tecnológica, foi utilizada a regressão linear múltipla com seleção de variáveis *stepwise*. Analisaram-se os pressupostos do modelo, sejam o da distribuição normal, linearidade e multicolinearidade. Para diagnosticar problemas de multicolinearidade, utilizaram-se o Índice de Tolerância e o VIF (*Variance Inflation Factors*) para cada variável. Os dados coletados submeteram-se a um teste de confiabilidade, o coeficiente de Alpha de Cronbach, conforme a Tabela 1.

TABELA 1
Consistência Interna das Escalas Usadas

Processos de aprendizagem	Tolerância	VIF	Alpha de Cronbach
Aquisição de conhecimento externo	Entre 0,604 a 0,898	Entre 1,14 e 1,656	0,717
Aquisição de conhecimento interno	Entre 0,369 a 0,790	Entre 1,266 a 2,709	0,711
Socialização	Entre 0,732 a 0,846	Entre 1,182 a 1,366	0,763
Codificação	Entre 0,709 a 0,874	Entre 1,144 a 1,409	0,669

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os valores das tolerâncias e dos VIF são considerados apropriados, conforme Hair Junior, Black, Anderson et al. (2009), indicando que não há problemas de multicolinearidade. De acordo com Field (2013), os valores obtidos para Alpha de Cronbach também são considerados aceitáveis, pois se encontram acima de 0,60.

Processos de Aquisição Externa de Conhecimento

Para o processo de aquisição externa de conhecimento, foram avaliados os seguintes mecanismos de aprendizagem: especialistas (como consultores técnicos); treinamentos externos para manter funcionários atualizados; treinamento no exterior; acesso/utilização da infraestrutura educacional da região; interação com clientes; interação com fornecedores; e contatos de pesquisa científica.

A partir dos dados coletados, a regressão linear múltipla com seleção *stepwise* apresentou três modelos significativos ($p < 0,001$), conforme mostrado na Tabela 2. Pelo critério do maior *Adjusted R*², optou-se pelo modelo 3, explicando 56,5% da variação observada na variável ICT.

TABELA 2
Análise de Regressão Múltipla: Aquisição de Conhecimento Externo

Variables	Model 1		Model 2		Model 3	
	Beta	t	Beta	t	Beta	t
EK3-Treinamento no exterior	0,679	5,999	0,525	4,413	0,391	3,030
EK4-Acesso infraestrutura educacional da região			0,331	2,786	0,297	2,582
EK7-Contatos de pesquisa científica					0,267	2,183
Adjusted R-squared		0,449		0,525		0,565
F-Statistics		35,986		24,769		19,617

Fonte: Elaborada pelos autores.
Note: N= 44 firms; $p < 0,001$

O modelo ajustado 3 permitiu testar a H1, ao analisar as variáveis que compõem os processos de aquisição de conhecimento. Identificamos somente três das sete variáveis analisadas como preditores significativos do ICT, conforme mostrado no Quadro 1.

QUADRO 1
Caracterização dos Mecanismos de Aprendizagem que Suportam a H1

Treinamento no exterior	Presente para metade das empresas
	Variável com maior contribuição para explicar o ICT
	85,7% são empresas transnacionais com treinamento nas matrizes.
	30,7% das empresas realizam algum tipo de treinamento no exterior
Acesso/utilização da infraestrutura educacional da região	Explorada por 75% das empresas investigadas
	interação é considerada bastante modesta, apesar da presença de vários centros
	Fonte de aprendizagem de maior importância para as empresas de pequeno e médio portes
	Segunda variável que mais contribuiu significativamente ($t=2,582$) para explicar o índice de capacidade tecnológica.

Continua

	Surge como a terceira variável de contribuição significativa ($t=2,183$) para explicar o índice de capacidade tecnológica.
Contatos de pesquisa	Apesar de haver poucos esforços para o acúmulo de capacidade tecnológica por meio desse tipo de aprendizagem, as empresas que se envolvem com esse mecanismo se destacam no índice de capacidade tecnológica, o que denota sua importância crucial para esse processo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

As demais variáveis não foram significativas para explicar o ICT e, portanto, não suportam a hipótese H1. Apesar de importantes para o processo de aquisição de conhecimento externo, a interação com especialistas, os treinamentos externos, a interação com clientes e fornecedores não foram determinantes para explicar os elevados índices de capacidade tecnológica apresentados por algumas empresas.

Processos de Aquisição Interna de Conhecimento

Para o processo de aquisição interna de conhecimento, foram avaliados os seguintes mecanismos de aprendizagem: treinamento interno de técnicas de produção e processo; atividades de P&D; treinamento interno em TQM e sistema de qualidade; formação de grupos de CCQ; treinamento em *softwares* de projeto e processo; estudos para aumento da capacidade produtiva; e engenharia reversa de produtos.

A partir dos dados coletados, a regressão linear múltipla com seleção *stepwise* apresentou sete modelos significativos ($p < 0,001$), conforme mostrado na Tabela 3. Vale destacar que quase sua totalidade de variáveis analisadas apresentou contribuição significativa para explicar o ICT, com exceção de uma única variável, a IK7-Engenharia reversa, que foi excluída por não apresentar significância em nenhum dos sete modelos. Embora o modelo 6 apresente maior *Adjusted R²* (0,876), optou-se pelo modelo 7, pois este apresenta, para todos os coeficientes, significância $p < 0,001$ e explica 87,1% da variação observada na variável ICT.

TABELA 3
Análise de Regressão Múltipla: Aquisição de Conhecimento Interno

Variable used	Beta Model (1)	Beta Model (2)	Beta Model (3)	Beta Model (4)	Beta Model (5)	Beta Model (6)	Beta Model (7)
IK4-Formação de grupos CCQ	0,748 (7,304)	0,604 (6,251)	0,390 (4,213)	0,366 (4,371)	0,242 (3,117)	0,141 (1,610)	
IK6-Estudos para aumento da capacidade produtiva		0,369 (3,815)	0,499 (5,905)	0,461 (5,978)	0,389 (5,704)	0,358 (5,374)	0,373 (5,537)
IK5-Treinamento em software de projeto e processo			0,390 (4,540)	0,347 (4,420)	0,291 (4,270)	0,299 (4,575)	0,333 (5,290)

Variable used	Beta Model (1)	Beta Model (2)	Beta Model (3)	Beta Model (4)	Beta Model (5)	Beta Model (6)	Beta Model (7)
IK2-Atividades de P&D				0,222 (3,186)	0,251 (4,209)	0,294 (4,868)	0,321 (5,426)
IK1-Treinamento interno de técnicas de produção e processo					0,289 (3,992)	0,232 (3,133)	0,247 (3,292)
IK3-Treinamento em TQM e sistema de qualidade						0,190 (2,152)	0,266 (3,488)
Adjusted R-squaed	0,549	0,659	0,769	0,812	0,864	0,876	0,871
F-Statistics	53,345	42,557	48,813	47,523	55,763	51,679	59,021

Fonte: Elaborada pelos autores.

Notes: N= 44 firms; t-Statistics in parentheses; p<0,001

Assim, o modelo ajustado 7 permitiu testar a H2, ao analisar as variáveis que compõem os processos de aquisição interna de conhecimento. Foram identificadas, para este modelo, cinco variáveis do total analisado como preditores significativos do ICT, conforme o Quadro 2.

QUADRO 2

Caracterização dos Mecanismos de Aprendizagem que Suportam a H2

Estudos para aumento da capacidade produtiva	<ul style="list-style-type: none"> • Apresenta-se como a variável de maior influência, com a maior contribuição significativa (t=5,537) para explicar o índice de capacidade tecnológica (ICT). • É realizado de forma contínua por apenas um terço das empresas (33%) e é ausente como mecanismo de aprendizagem em 25%, sendo todas empresas de pequeno porte (Tabela 4). • As empresas que mais desenvolvem estudos da capacidade produtiva são as de médio porte, e 70,6% são nacionais.
Treinamento em software de projeto e processo	<ul style="list-style-type: none"> • Representa a terceira variável com maior influência (t=5,290) para explicar o índice de capacidade tecnológica (ICT). • Somente 18% do total de empresas investigadas relataram não possuir essa prática de aprendizagem. • Em 60% das empresas a utilização de treinamento em software de projeto e processo é considerado como intermitente ou contínuo.
Atividades de P&D	<ul style="list-style-type: none"> • Representa a segunda maior contribuição significativa (t=5,426) para explicar o ICT. No entanto, vale destacar que apenas 30% das empresas investigadas desenvolvem essas atividades continuamente • Outras 30% realizam essa prática com uma frequência intermitente. • Somente 13% da amostra declararam não desenvolver qualquer atividade para desenvolvimento de Pesquisa e Desenvolvimento. Neste caso, tais empresas atuam no mercado com o mesmo produto há muito tempo e que apenas realizam pequenas melhorias nos produtos.

Treinamento interno de técnicas de produção e processo	<ul style="list-style-type: none"> • Os treinamentos internos de técnicas de produção e processo são contínuos para 35% da amostra • Nota-se para essas empresas uma atenção maior no aperfeiçoamento da produção e desenvolvimento de produto. • Ausência desse mecanismo de aprendizagem em 18% do total de empresas da amostra. Apesar desta ausência, este mecanismo representa uma variável importante com contribuição significativa ($t=3,292$) para o explicar o índice de capacidade tecnológica.
Treinamento em TQM e sistemas de qualidade	<ul style="list-style-type: none"> • A variável treinamentos em TQM e sistemas de qualidade apresentou uma contribuição significativa ($t=3,488$) para explicar o ICT. • Frequência deste mecanismo de aprendizagem é contínua para 35% das empresas e intermitente para 25%. • Em empresas certificadas pela ISO 9000, em especial, nota-se uma ênfase maior em treinamentos operacionais. Vale destacar que 25% de empresas da amostra declararam não possuir sistemas de qualidade formalizados.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Processos de Socialização de Conhecimento

Para o processo de socialização de conhecimento, foram avaliados os seguintes mecanismos de aprendizagem: disseminação de práticas interativas para a solução de problemas; disseminação de treinamentos recebidos externamente; constituição de equipes para tratamento de anomalias; sistema de diagnóstico do trabalho operacional; contratação e desenvolvimento de engenheiros *trainees*; treinamento no posto de trabalho; sistema de sugestões de melhoria.

A regressão linear múltipla com seleção *stepwise* apresentou três modelos significativos ($p < 0,001$), conforme mostrado na Tabela 4. Do total de sete variáveis analisadas, três foram incluídas nos modelos significativos. Pelo critério do maior *Adjusted R²*, optou-se pelo modelo 3, explicando 82,4% da variação observada na variável ICT.

TABELA 4
Análise de Regressão Múltipla: Socialização do Conhecimento

Variable used	Beta Model (1)	Beta Model (2)	Beta Model (3)
Disseminação de treinamentos recebidos externamente			0,297 (4,261)
Sistema de diagnóstico do trabalho operacional		0,481 (5,582)	0,429 (5,846)
Treinamento no posto de trabalho	0,762 (7,620)	0,539 (6,260)	0,456 (6,097)
Adjusted R-squaed	0,570	0,750	0,824
F-Statistics	58,062	65,452	67,948

Fonte: Elaborada pelos autores.

Notes: N= 44 firms; t-Statistics in parentheses; $p < 0,001$

O modelo ajustado 3 permitiu testar a H3, ao analisar as variáveis que compõem os processos de socialização de conhecimento. As variáveis analisadas como preditores significativos do ICT são apresentadas no Quadro 3.

QUADRO 3
Caracterização dos Mecanismos de Aprendizagem que Suportam a H3

Disseminação de treinamentos recebidos externamente	<ul style="list-style-type: none"> Aproximadamente um terço das empresas apresentam frequências contínuas de socialização do conhecimento adquirido internamente e externamente. Uma proporção compatível com aquela apresentada nos processos de aquisição de conhecimento.
Sistema de diagnóstico do trabalho operacional	<ul style="list-style-type: none"> Representa a variável com segunda maior contribuição significativa do modelo ($t=5,846$) para explicar o ICT. Do total de empresas, as transnacionais são as que possuem a maioria em sua composição. Por outro lado, uma parcela importante de empresas investigadas (32%) não possui um sistema de diagnóstico do trabalho operacional e são, em sua maioria, empresas nacionais e de pequeno porte.
Treinamento no posto de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> Apresenta-se como a variável de maior influência, com a maior contribuição significativa ($t=6,097$) para explicar o índice de capacidade tecnológica (ICT), e também o mecanismo de aprendizagem de maior frequência contínua (50%) do processo de socialização.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Processos de Codificação de Conhecimento

Entre os processos e mecanismos de aprendizagem analisados, os processos de codificação são os que apresentam a maior intensidade entre os mecanismos avaliados. As empresas apresentam, em sua maioria, organização na documentação e destacam a experiência dos funcionários nas atividades que envolvem a melhoria de produtos e processos.

Para os processos de codificação de conhecimento, foram avaliados os seguintes mecanismos de aprendizagem: padronização de atividades e processos; relatórios de assistência técnica; relatórios de análise de anomalias; elaboração de procedimentos técnicos; procedimentos operacionais padronizados; consulta a produtos e manuais da concorrência; normas industriais.

A regressão linear múltipla com seleção *stepwise* apresentou três modelos significativos ($p < 0,001$), conforme mostrado na Tabela 5. As práticas para a padronização de atividades e processos apresentam desenvolvimento contínuo. Pode-se notar um esforço importante no controle das atividades operacionais e do sistema de produção.

No entanto, do total de sete variáveis analisadas, três foram incluídas nos modelos significativos, e as demais foram excluídas, por não apresentarem significância em nenhum dos modelos. Pelo critério do maior *Adjusted R²*, optou-se pelo modelo 3, explicando 63,5% da variação observada na variável ICT.

TABELA 5
Análise de Regressão Múltipla: Codificação do Conhecimento

Variable used	Beta Model (1)	Beta Model (2)	Beta Model (3)
Elaboração de procedimentos técnicos	0,651	0,468	0,341
	-5,558	-3,986	-3,119
Padronização de atividades e processos		0,402	0,406
		(3,427)	-3,929
Normas industriais			0,352
			-3,578
Adjusted R-squared	0,410	0,530	0,635
F-Statistics	30,894	25,270	25,963

Fonte: Elaborada pelos autores.

Notes: N=44 firms; t-Statistics in parentheses; $p < 0,001$

O modelo ajustado 3 permitiu testar a H4 ao analisar as variáveis que compõem os processos de codificação de conhecimento. As variáveis analisadas como preditores significativos do ICT são apresentadas no Quadro 4.

QUADRO 4
Caracterização dos Mecanismos de Aprendizagem que Suportam a H4

Padronização de atividades e processos	<ul style="list-style-type: none"> • Representa a variável com maior contribuição significativa do modelo ($t=3,929$) para explicar o ICT. • As práticas para a padronização de atividades e processos se desenvolvem continuamente nas empresas investigadas. Nota-se uma importância dada pelas empresas ao controle das atividades operacionais e do sistema de produção. • Aproximadamente dois terços das empresas da amostra (66%) apresentam práticas de padronização de atividades e processos contínuas, e 23% declararam realizar com frequência menor, mas não rara.
Elaboração de procedimentos técnicos	<ul style="list-style-type: none"> • Apresenta uma contribuição significativa ($t=3,119$) para explicar o ICT. • Do total de empresas, 59% das empresas investigadas elaboram com frequência contínua procedimentos técnicos que envolvem produtos novos e existentes. • Somente 5% não realizam essa atividade e 27% com frequência menor, intermitente.
Adesão à normas industriais	<ul style="list-style-type: none"> • Representa a variável com segunda maior contribuição significativa do modelo ($t=5,846$) para explicar o ICT. • Essa prática é contínua por apenas 23% das empresas da amostra. No entanto ela se apresenta com estimada significância, já que contribui para a diferenciação nos índices de Capacidade Tecnológica. Vale destacar a importância desta prática para a disseminação, em especial, de novos conhecimentos adquiridos pela empresa.

Fonte: Elaborado pelos autores.

CONCLUSÃO

Este estudo contribui para a literatura, por analisar, entre um conjunto de variáveis apontados como importantes para os processos de aprendizagem tecnológica, os mecanismos que significativamente contribuem para explicar o ICT das empresas.

A literatura, conforme visto, sugere que as atividades contínuas conduzem à conversão da aprendizagem individual em aprendizagem organizacional, pois permitem a criação, a atualização e o aprimoramento dos processos de aprendizagem. Possibilitam também um fluxo permanente de conhecimento externo da empresa, o que resulta em um melhor entendimento da tecnologia adquirida. O gerenciamento eficiente dos diferentes tipos de mecanismos de aprendizagem tecnológica é fundamental não apenas pelo modo com que a empresa desenvolve seus processos de acúmulo de capacidades tecnológicas, mas principalmente pela velocidade em que tais processos ocorrem ao longo de sua trajetória.

Vale destacar que os mecanismos de aprendizagem que significativamente contribuíram e explicaram o ICT, em sua maioria, apresentam frequência contínua em uma parcela pequena de empresas, o que significa dizer que são poucas as empresas que se destacam com ICTs mais elevados e que se diferenciam das demais empresas por essas variáveis. Conforme a tabela apresentada no Apêndice B, é possível observar que, entre as empresas da amostra, apenas 20,4% apresentam ICT acima de 0,70; e uma parcela representativa de aproximadamente 41% apresentam ICT até 0,50.

Os resultados deste estudo, pela análise de regressão múltipla realizada em cada um dos quatro processos de aprendizagem, fornecem evidências de que a utilização somente de um ou outro mecanismo, por mais eficientes que eles possam ser, não foi suficiente para contribuir e explicar o ICT (citam-se como exemplos a interação com clientes e fornecedores, a elaboração de relatórios de assistência técnica e procedimentos operacionais padronizados).

Ao considerarmos os diferentes tipos de aprendizagem, pode-se observar que, apesar de os mecanismos analisados estarem presentes, apresentam diferentes níveis de intensidade e contribuição para explicar o ICT. A identificação dessas particularidades é fundamental, pois reflete as diferenças no acúmulo de competências tecnológicas adquiridas ao longo do tempo pelas empresas.

No que tange aos processos de aquisição externa de conhecimento, a contribuição de apenas três mecanismos de aprendizagem denota a baixa interação das empresas investigadas com o meio externo para a obtenção de novos conhecimentos, em especial os de natureza tácita. Mecanismos importantes para o incremento do conhecimento interno — como treinamentos externos para manter funcionários atualizados; interação com especialistas, como consultores técnicos; e interação com clientes e fornecedores — não se destacaram na análise. A baixa contribuição de diversos mecanismos de aprendizagem externa do conhecimento denota um foco de atendimento menor a mercados internacionais e maior a mercados locais, em que a exigência de tecnologias mais avançadas é mais baixa. Vale enfatizar que mecanismos que contribuíram para explicar o ICT, como treinamento no exterior e contatos de pesquisa científica, são realizados predominantemente por empresas transnacionais.

A maior variedade de mecanismos que contribuíram para o ICT é observada nos processos de aquisição interna de conhecimento, o que indica que as empresas da amostra enfatizam o controle de suas rotinas de produção e processo, por meio de estudos para aumento da capacidade

produtiva, treinamento em técnicas de produção e processo, e em sistemas de qualidade. No entanto, as frequências observadas para esses mecanismos ainda são consideradas baixas. Em apenas um terço das empresas, aproximadamente, são verificadas atividades contínuas.

Vale notar, por sua vez, que a presença de vários mecanismos denota um importante esforço das empresas em direção à absorção de novas tecnologias, ou seja, tais mecanismos de aprendizagem desenvolvem habilidades e conhecimentos necessários não apenas para a operação e a melhoria das instalações de produção, mas principalmente por promoverem habilidades para a exploração de novas tecnologias, sejam elas compradas ou imitadas de outras empresas. Vale enfatizar, entretanto, a não contribuição da engenharia reversa para o ICT. A engenharia reversa é entendida, pela literatura, como um mecanismo de absorção de conhecimento fundamental para a criação de conhecimento “novo para a empresa”, representando um estágio importante para a aprendizagem por imitação, que precede o de desenvolvimento de atividades de P&D, que são cruciais para as inovações de maior intensidade tecnológica. Nesse sentido, a inserção desse mecanismo de aprendizagem fortalece as habilidades para o desenvolvimento de novas tecnologias.

Quanto aos processos de socialização de conhecimento, também se observa uma baixa aderência a uma variedade maior de mecanismos de aprendizagem. O foco no compartilhamento do conhecimento ocorre pouco por meio de atividades em grupo. Formação de equipes para o mecanismo de maior frequência contínua ocorre em treinamentos nos postos de trabalho. Formação de equipes para tratamento de anomalias e sistema de sugestões de melhorias são mecanismos importantes para o compartilhamento de conhecimento, mas que não se apresentaram como significativos para as empresas.

Por fim, no que se refere aos processos de codificação de conhecimento, observa-se também pouca variedade de mecanismos de aprendizagem. Os mecanismos de aprendizagem que contribuíram para o ICT indicam ênfase na manutenção de processos e na elaboração de procedimentos técnicos, considerados imprescindíveis para empresas desse setor. Por outro lado, a baixa aderência à organização de informações por meio de mecanismos, como consulta a produtos e manuais da concorrência, relatórios de análise de anomalias e de assistência técnica, que não contribuíram para o ICT, dificulta novas combinações de conhecimento codificado acumulado.

Os resultados da análise econométrica revelaram, de maneira geral, a aderência de poucos mecanismos de aprendizagem para a aquisição externa de conhecimento, socialização e codificação de conhecimento. Somente nos mecanismos de aprendizagem para aquisição interna do conhecimento observou-se uma variedade maior, no entanto com frequências contínuas em menos de 50% das empresas investigadas. É importante destacar que a promoção tanto de processos de socialização quanto de codificação do conhecimento é fundamental para a conversão do conhecimento individual em organizacional. Assim, é imperativo para as empresas, para o acúmulo de capacidades tecnológicas, a ampliação e o aprimoramento contínuo dos mecanismos apresentados, a fim de criar uma rotina de conversão de aprendizagem individual em aprendizagem organizacional.

REFERÊNCIAS

- BELL, M. Learning and the accumulation of industrial technological capacity in developing countries. In: KING, K.; FRANSMAN, M. (Ed.). **Technological capability in the Third World**. Londres: Macmillan, 1984.
- BELL, M.; PAVITT, K. The development of technological capabilities. In: HAQUE, I. U. (Ed.). **Trade, technology and international competitiveness**. Washington, DC: The World Bank, 1995.
- BENEITO, P.; ROCHINA-BARRACHINA, M. E.; SANCHIS, A. Learning through experience in research & development: an empirical analysis with Spanish firms. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 88, p. 290-305, 2014.
- BIGGS, T.; SHAH, M.; SRIVASTAVA, P. Technological capabilities and learning in African enterprises. **World Bank technological paper**. Washington, DC: The World Bank, 1995.
- CASSIOLATO, J. E. **Interação, aprendizado e cooperação tecnológica**. [S.l.: s.n.], 2004. (Série Contribuciones – Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología – RICYT).
- CYR, S.; CHOO, C. W. The individual and social dynamics of knowledge sharing: an exploratory study. **Journal of Documentation**, v. 66, n. 6, p. 824-846, 2010.
- DE NEGRI, F. Padrões tecnológicos e de comércio exterior das firmas brasileiras. In: DE NEGRI, J. A.; SALERNO, M. S. (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília, DF: Ipea, 2005.
- EGBETOKUN, A. A. **An assessment of innovation capability in the cable and wire manufacturing industry in Nigeria**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Technology Planning and Development Unit, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigéria, 2009.
- EGBETOKUN, A. A. et al. The types and intensity of innovation in developing country SMEs: evidences from a Nigerian subsectoral study. **International Journal of Learning and Intellectual Capital**, v. 9, n. 1-2, p. 98-112, 2012.
- FIELD, A. **Descobrimos a estatística utilizando o SPSS**. 2009.
- FIGUEIREDO, P. N. Beyond technological catch-up: an empirical investigation of further innovative capability accumulation outcomes in latecomer firms with evidence from Brazil. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 31, p. 73-102, 2014.
- FIGUEIREDO, P. N. **Gestão da inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- FIGUEIREDO, P. N. Learning, capability accumulation and firms differences: evidence from latecomer steel. **Industrial and Corporate Change**, v. 12, n. 3, p. 607-643, 2003.
- FIGUEIREDO, P. N. **Technological learning and competitive performance**. Cheltenham, RU; Northampton, EUA: Edward Elgar, 2001.
- FILIPPINI, C.; MOLINI, V. The determinants of East Asian trade flows: a gravity equation approach. **Journal of Asian Economics**, v. 14, n. 5, p. 695-711, 2003.

GERTLER, M. S. Tacit knowledge and the economic geography of context, or the undefinable tacitness of being (there). **Journal of economic geography**, v. 3, n. 1, p. 75-99, 2003.

HAIR JUNIOR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. Bookman Editora, 2009.

HANSEN, U. E.; OCKWELL, D. Learning and technological capability building in emerging economies: the case of the biomass power equipment industry in Malaysia. **Technovation**, v. 34, n. 10, p. 617-630, 2014.

KARAOZ, M.; ALBENI, M. Dynamic technological learning trends in Turkish manufacturing industries. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 72, n. 7, p. 866-885, 2005.

KIAMEHR, M. Paths of technological capability building in complex capital goods: the case of hydro electricity generation systems in Iran. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 122, p. 215-230, 2017.

KIM, L. The dynamics of technological learning in industrialisation. **International Social Science Journal**, v. 53, n. 168, p. 297-308, 2001.

KOGUT, B.; ZANDER, U. Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology. **Organization Science**, v. 3, n. 3, 1992.

LALL, S. **Learning to industrialize: the acquisition of technological capability by India**. Londres: Macmillan, 1987.

LALL, S. Technological capabilities and industrialization. **World Development**, v. 20, n. 2, p. 165-186, 1992.

LUNDEVALL, B. A. Innovation as an interactive process: from user-production interaction to national system of innovation. In: DOSI, G. et al. **Technical change and economic theory**. Londres: Pinter, 1992.

MATHEWS, J. A. A resource-based view of Schumpeterian economic dynamics. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 12, n. 1-2, p. 29-54, 2002.

MOLINA-DOMENE, M. A.; PIETROBELLI, C. Drivers of technological capabilities in developing countries: an econometric analysis of Argentina, Brazil and Chile. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 23, n. 4, p. 504-515, 2012.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **The knowledge-creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation**. Oxford: Oxford University Press, 1995.

OLAMADE, O. O. **Technological capabilities in the Nigerian telecommunications industry**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Technology Planning and Development Unit, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigéria, 2001.

PRENCIPE, A.; TELL, F. Inter-project learning: processes and outcomes of knowledge codification in project-based firms. **Research Policy**, v. 30, n. 9, p. 1373-1394, 2001.

ROMIJN, H. Acquisition of technological capability in development: a quantitative case study of Pakistan's capital goods sector. **World Development**, v. 25, n. 3, p. 359-311, 1997.

ROSENBERG, N. Sources of innovation in developing economies: reflections on the Asian experience. **Seoul Journal of Economics**, v. 26, p. 283-309, 2013.

TEECE, D. J. The role of managers, entrepreneurs and the literati in enterprise performance and economic growth. **International Journal of Technological Learning, Innovation and Development**, v. 1, n. 1, p. 43-64, 2007.

WIGNARAJA, G. **FDI and innovation as drivers of export behaviour**: firm-level evidence from East Asia. Maastrich, The Netherlands: United Nations University, UnuMerit, 2008.

WIGNARAJA, G. Firm size, technological capabilities and market-oriented policies in Mauritius. **Oxford Development Studies**, v. 30, n. 1, p. 87-104, 2002.

YAM, R. C. et al. Analysis of sources of innovation, technological innovation capabilities, and performance: An empirical study of Hong Kong manufacturing industries. **Research Policy**, v. 40, n.3, p. 391-402, 2011.

ANTONIO IACONO

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2182-0142>

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo (EESC-USP); Professor Doutor da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (EEL-USP), Lorena – SP, Brasil.

E-mail: iacono@usp.br

MARCELO SEIDO NAGANO

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0239-1725>

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (EESC-USP); Professor Doutor da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP), São Carlos – SP, Brasil.

E-mail: drnagano@usp.br

APÊNDICE

APÊNDICE A

Questões para Mensuração da Capacidade Tecnológica

Capacidade de produção

Funções relacionadas com a engenharia de processo

- i. Aquisição de novos equipamentos
- ii. Certificações para melhoria da produção
- iii. Treinamento interno de técnicas de produção e processo
- iv. Padronização de atividades e processos
- v. Monitoramento da produtividade

Funções relacionadas com a engenharia de produto

- i. Atividades de desenvolvimento de produto
- ii. Melhoria de produtos existentes
- iii. Investimentos na área tecnológica
- iv. Introdução de novos produtos no mercado interno

Funções relacionadas com a engenharia de qualidade

- i. Treinamento em sistemas de qualidade
- ii. Tratamento de anomalias
- iii. Auditoria interna
- iv. *Status* ISO 9000
- v. Programas de manutenção preventiva total

Capacidade de vínculos

Funções relacionadas com o desenvolvimento de vínculos

- i. Ações conjuntas para Processo de Desenvolvimento de Produto
- ii. Relação com universidades
- iii. Relação com clientes na exploração e no desenvolvimento de novos conceitos

Fonte: Elaborado com base em pesquisa de campo.

APÊNDICE B

Distribuição do Índice de Capacidade Tecnológica

ICT classes	% de empresas
0,00-0,10	11,4
0,11-0,20	15,9
0,21-0,30	9,1
0,31-0,40	6,8
0,41-0,50	6,8
0,51-0,60	18,2
0,61-0,70	11,4
0,71-0,80	4,5
0,81-0,90	6,8
0,91-1,00	9,1
Total geral	100%

Fonte: Elaborado com base em pesquisa de campo.