



CRIAÇÃO DE CAPACITAÇÕES TECNOLÓGICAS: O CASO DA COMTEC NA INDÚSTRIA AERONÁUTICA

Oldack Jaoude
oldack2020@uol.com.br
FACCAMP

Cida Sanches
cidasanches@uol.com.br
FACCAMP

Manuel Meireles
profmeireles@uol.com.br
FACCAMP

Resumo: Este trabalho tem como objetivo apresentar e discutir o processo de progressiva criação de capacitações tecnológicas de uma pequena empresa brasileira visando à elegibilidade e ao efetivo fornecimento à indústria aeronáutica. Esta indústria é marcada por um elevado grau de complexidade e incerteza tecnológica e estas características impõem grandes barreiras aos novos entrantes. O caso aborda os estágios de desenvolvimento de para-brisas do AMX, jato fabricado pela Embraer, por uma pequena empresa. Discute-se no trabalho a forma como foram estabelecidos os requisitos de projeto e os desafios tecnológicos deles decorrentes, impostos à rede de fornecedores. O artigo fundamentou sua análise em dois modelos que são abordados a seguir: o modelo Chain-Link de Kline & Rosenberg (1986) para caracterizar a empresa estudada em seus aspectos internos no que tange ao desenvolvimento de suas capacitações tecnológicas e o modelo CoPS de Davis & Hobday (2005) abordando os aspectos da dinâmica dos processos de inovação tecnológica apontando cinco dimensões relevantes em sistemas complexos comparando-as com os sistemas de produção em massa. A utilização dos modelos Chain-link e CoPs na análise foi de enorme valia para expor as nuances do caso Comtec, uma MPE em processo de inovação tecnológica, construindo suas capacitações tecnológicas e funcionais de forma plena e inamovível. Do presente estudo é possível concluir que existem diversas formas de criação de capacitações tecnológicas, em pequenas organizações, visando a superação de desafios inerentes às indústrias intensivas em tecnologia. Estes desafios têm início com os requisitos de produto estabelecidos pelo cliente e se desdobram em diversas fases do ciclo de vida de um projeto até chegar ao produto final.

A pesquisa mostra que a pequena organização, dotada de capacitações tecnológicas altamente especializadas, consegue atuar em indústria intensiva em tecnologia, exercitando a criatividade e a responsividade.

Palavras Chave: Capacitação técnica - Aprendizagem organ. - Gestão de projetos - Decisão - Estratégia

1. INTRODUÇÃO

A indústria aeronáutica vem se internacionalizando de forma vertiginosa. As organizações que coordenam esta indústria - os *prime contractors* - estão liderando este processo de intensa internacionalização, com base na estratégia da modularidade do produto e do estabelecimento de parcerias que permitam o compartilhamento de custos e riscos no desenvolvimento de novos produtos. A inovação em sistemas complexos é tratada como uma classe específica a partir de Rosenberg (1976). Davies & Hobday (2005) propõem um modelo ideal para representar a dinâmica da inovação em sistemas complexos, em contraposição ao modelo, também ideal, representativo da dinâmica da inovação em sistemas de produção em massa (Utterback & Abernathy, 1975; Utterback, 1994). A dinâmica da inovação em sistemas complexos é examinada seguindo cinco variáveis-chave: característica do produto, característica da produção, processo de inovação, coordenação industrial e estratégias competitivas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O artigo fundamentou sua análise em dois modelos que são abordados a seguir: o modelo *Chain-Link* de Kline & Rosenberg (1986) para caracterizar a empresa estudada em seus aspectos internos no que tange ao desenvolvimento de suas capacitações tecnológicas e o modelo CoPs de Davis & Hobday (2005) abordando os aspectos da dinâmica dos processos de inovação tecnológica apontando cinco dimensões relevantes em sistemas complexos comparando-as com os sistemas de produção em massa. São abordadas, também, algumas características da capacidade competitiva que podem auxiliar a entender o caso em análise.

2.1 O MODELO CHAIN-LINK:

O modelo interativo das ligações em cadeia (*chain-link model*) é considerado por Kline & Rosenberg (1986) como uma boa alternativa para o modelo linear apresentado por Pinch e Bijker (1987, p.23) que, como o próprio nome diz, apresenta um fluxo linear que não consegue abranger as verdadeiras necessidades de um projeto complexo e com produto único.

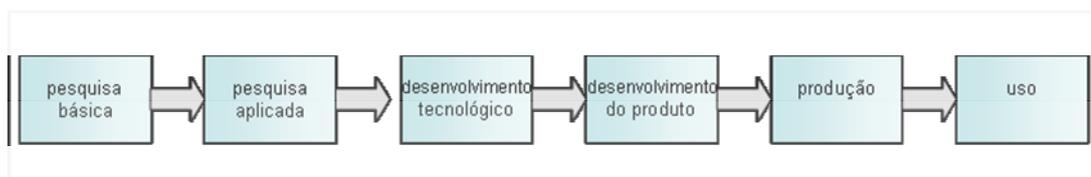


Figura 1: Modelo linear do processo de inovação de Pinch e Bijker (1987)

O modelo linear (figura 1) sinaliza apenas uma direção no processo de desenvolvimento de uma inovação ou invenção, ao contrário do modelo de Kline & Rosenberg (1986), que sugere fluxos de informações curtos e longos possibilitando trocas em cada etapa do processo, consistindo as ações de criação e desenvolvimento, mas, principalmente, na identificação de oportunidades de mercado. Há uma interatividade entre pesquisa e inovação não restrita aos departamentos de P&D ocorrendo ao longo de toda cadeia central de inovação. Os conhecimentos acumulados no interior da empresa – competências – permitem que haja uma leitura mais apropriada das oportunidades tecnológicas que se apresentam.

O modelo *chain-link*, cujo esquema está exibido na figura 2, é um dos mais difundidos nos estudos de inovação e foi adotado pelo Manual de Oslo da OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*). Este modelo promove uma interação entre conhecimento e as capacitações da empresa com as oportunidades de mercado, ponto forte do modelo.

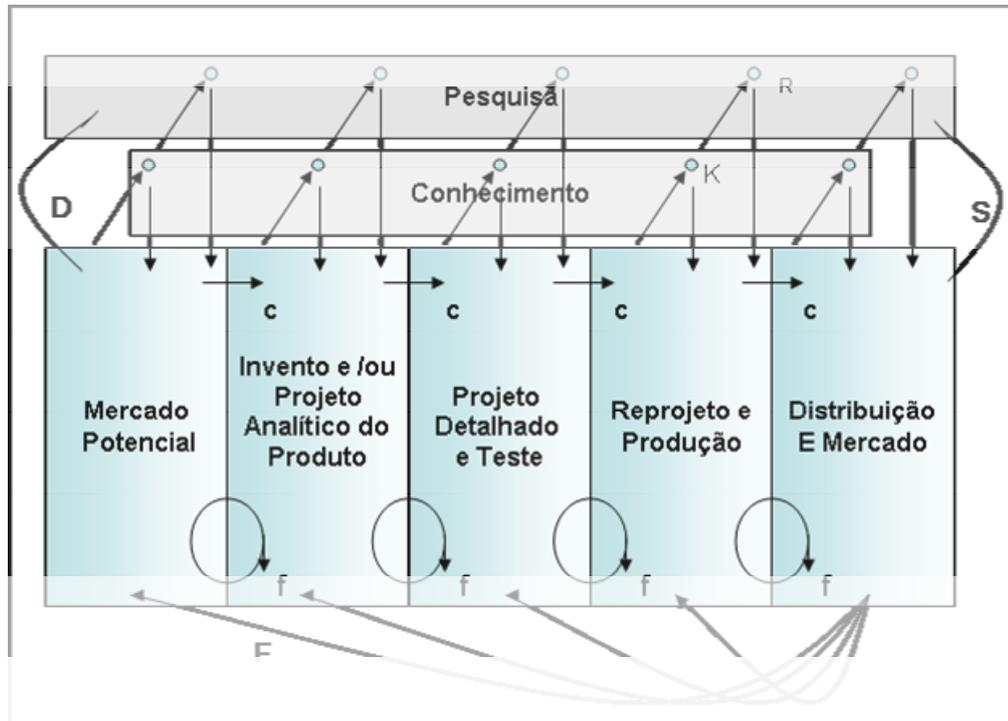


Figura 2: Chain-Link Model

Legenda: (C) cadeia central do processo de inovação; (f) *feedback loops* descrevendo a natureza de tentativa e erro do processo; (F) o mais importante momento de *Feedback*; (K) o estoque de conhecimentos; (R) a pesquisa; (D) *link* direto a pesquisa na falta de conhecimento disponível na fase do projeto analítico; (S) suporte de pesquisa ao abordar o mercado que poderá ser utilizado em qualquer fase do processo de inovação. Fonte: Kline & Rosenberg (1986)

A figura 2 esquematiza o modelo Chain-Link, uma estrutura muito útil para a compreensão do que pode ocorrer em um processo de inovação.

O primeiro fluxo do modelo é estabelecido de forma unidirecional ao longo da cadeia central, cadeia esta definida pelas fases do ciclo de vida do produto. Retroalimentações entre estas cinco fases representam o segundo fluxo de informações. Destas retroalimentações a mais importante ocorre por meio do que se entende por aprendizagem pelo uso. Esta forma de aprendizagem organizacional permite a incorporação de importantes melhorias no produto final e também a identificação de novas oportunidades de negócios para a organização. Na fase de concepção e projeto, é estabelecido o terceiro fluxo de informações, de caráter bidirecional, entre a cadeia central e a pesquisa, diretamente. O quarto fluxo de informações, também de caráter bidirecional, ocorre entre quatro fases da cadeia central e a base de conhecimentos disponível à organização. Muitas vezes, há necessidade de se refinar esta base de conhecimentos com pesquisa adicional para atender a especificidades dos requisitos. O

último fluxo de informações é também uma retroalimentação que avalia o impacto do produto inovado sobre possíveis investimentos em pesquisa.

O modelo reconhece que a tecnologia ou conhecimento existente pode não ser suficiente para permitir o desenvolvimento de produtos e processos para atender as necessidades de mercado identificadas tal como apresenta o projeto aqui analisado. Um processo de dois estágios, indicado pelas setas marcadas de K e R, é muitas vezes necessário para superar os problemas tecnológicos. Em primeiro lugar, a solução é procurada a partir do estoque de conhecimento existente.

O fator chave de sucesso na aplicação do modelo *chain-link* é a possibilidade de obtenção de *feedbacks* checando a evolução dos conceitos e do projeto nas etapas sugeridas, entrando em detalhes de matéria prima, definição de processos e dimensão da produção para a elaboração de um projeto analítico ideal e perto da realidade esperada pelo cliente.

Um aspecto importante do *chain-link* é a representação da pesquisa coexistindo com o processo de inovação. Em cada estágio do processo de inovação, se um problema técnico precisa ser resolvido, a primeira fonte de solução é a ciência conhecida ou o estoque de conhecimentos. Se a solução é encontrada tem-se aqui um *feedback* para o processo de inovação. Se a solução não é encontrada lança-se mão da pesquisa que, solucionando o problema, gera mais um *feedback* para o processo de inovação representado pela seta D na figura 2. No modelo de Kline e Rosenberg, o mercado e a ciência são acoplados ao processo de inovação. O mercado surge como um estímulo à inovação, embora suas necessidades percebidas só possam ser preenchidas onde os problemas técnicos associados possam ser superados.

Esse ciclo acontece até que se atinja o produto adequado, com seu desempenho especificado, transmitindo um nível confiabilidade técnica ao cliente. Ao mesmo tempo deve ser adequadamente aceito comercialmente. O fator adequação aqui indica a conformidade e tecnologia embarcada no processo como um todo. Identifica-se esse caminho claramente no projeto, adiante detalhado, que nasceu, basicamente, do zero tendo de evoluir até o grau dez, mínimo admitido pelo cliente, cujo peso mundial no setor é enorme, mormente para uma empresa pequena entrante em um segmento tão importante e comumente povoado por empresas de grande porte.

2.2 O MODELO CoPs

Corroborando no processo de desenvolvimento de produtos e implementação de inovação tecnológica ou incremental em sistemas complexos, Davies e Hobday (2005) propõem um modelo ideal para representar a dinâmica da inovação em sistemas complexos, em contraposição ao modelo, também ideal, representativo da dinâmica da inovação em sistemas de produção em massa (Utterback e Abernathy, 1975; Utterback, 1994). A dinâmica da inovação em sistemas complexos é examinada seguindo cinco variáveis-chave: característica do produto, característica da produção, processo de inovação, coordenação industrial e estratégias competitivas, cuja comparação pode-se visualizar no quadro 1.

Quadro 1: Inovação e Organização da Indústria: Produtos e Sistemas Complexos (CoPs) X Bens de consumo de produção em massa.

	Sistemas complexos (CoPs)	Produção em massa
Características dos produtos	Interfaces complexas, multi-função. Propriedades emergentes	Interfaces simples, poucas funções
Característica da produção	Projeto/ pequenos lotes	Grandes lotes / contínua
Processo de inovação	Craft-based Trajetória da inovação acordada ex-ante	Formalizada, codificada. Trajetória da inovação mediada pelo mercado.
Coordenação industrial	Aliança multi-firmas. Estabilidade de longo prazo no nível de integração	Firma única. Design dominante . Shake-out da indústrias
Estratégias competitivas	Gestão de alianças multi-firmas com base em projetos. Capacitações em integração de sistemas	Foco em uma firma . Capacitação em produção de alto volume

Fonte: Chagas Junior (2010).

Os sistemas complexos têm sido objeto de muitos estudos recentes sob a perspectiva organizacional. O objetivo principal desses estudos tem sido identificar questões relacionadas com específicas capacitações tecnológicas e organizacionais que surgem quando são analisados os processos de criação de produtos sistêmicos, de longo ciclo de vida, alto valor agregado, intensivos em capital, *design* e tecnologia da informação, envolvendo redes interorganizacionais internacionais (Chagas Jr. e Cabral 2010).

Brusoni, Prencipe & Pavitt (2001), argumentam que as fronteiras das firmas em termos de suas atividades desempenhadas dentro de casa não levam em conta que as decisões de buscar fornecimento externo de componentes de um projeto e outras funções de produção, são muito diferentes das atividades de busca de conhecimento tecnológico. As firmas integradoras de sistemas necessitam ter conhecimento em excesso para poderem conduzir os processos de *outsourcing* de forma eficaz e com segurança, razão pela qual vê-se no Brasil o acolhimento de pequenas firmas integradas a projetos de grandes companhias em um processo satisfatório e crescente de capacitações tecnológicas.

Em organizações sediadas em países de industrialização recente, é significativa a quantidade de *gaps* tecnológicos que demandam grandes esforços de pesquisa e desenvolvimento, e, conseqüentemente, tempo e investimento, para serem fechados. É por meio do fechamento destes *gaps* tecnológicos que se cria a base cognitiva necessária para a definição de sistemas que atendam a necessidade de seus *stakeholders* e, ao mesmo tempo, não apresentem características de obsolescência tecnológica.

Tendo como fundamento capacitações funcionais – engenharia de sistemas – e capacitações em projetos – gestão de projetos e aprendizagem organizacional –, as capacitações em integração de sistemas permitem que uma organização busque um posicionamento estratégico favorável, em termos de captura de valor, dentro da cadeia de fornecimento de uma indústria, a cada geração de produto (Hobday, Davies e Prencipe, 2005). A constituição de uma equipe de “pesos pesados” facilita a compreensão e absorção rápida de novas tecnologias e conhecimentos que farão a diferença no relacionamento com as empresas integradoras de sistemas, não importando o seu tamanho ou experiência pregressa. Conforme,



Cohen & Levinthal (1989), nesse mundo de rápido crescimento tecnológico e processos acelerados de novos conhecimentos, equipes desse tipo abreviam as criações de capacitações funcionais. De acordo com a pesquisa desses autores, essas equipes fazem de forma melhor do que muitas empresas grandes e maduras, pois geram comprometimento de toda a equipe, têm um padrão adequado de comunicação entre os membros, maior identificação com o projeto e suas dificuldades buscando soluções inusitadas para seus problemas.

Durante o início do desenvolvimento de uma tecnologia aplicada, quando as interações entre os tipos de componentes não são claras - em um estado de fluxo - e, portanto, difícil de codificar e congelar, as organizações devem construir conexões com centros de pesquisa e universidades para explorar soluções tecnológicas alternativas. Na visão de Chesbrough & Prencipe (2008), uma vez que tais interações passam a ser melhor compreendidas, codificadas, modularizadas e compartilhadas, as redes, em seguida, explorarão de forma mais adequada a tecnologia atual. Na transição da fase de desenvolvimento inicial para a fase mais madura dos projetos, as empresas devem construir laços com “startups” e novos entrantes, porque essas empresas experimentam configurações alternativas de concepção que exploram a tecnologia subjacente, como se vê neste projeto.

A visão de Forsberg et al. (2005), indica que as pequenas empresas conseguem dar maior responsividade aos negócios inovadores, principalmente em sistemas integrados complexos como os de projetos no setor aeronáutico, onde os requisitos não são negociáveis, porém há constante colaboração entre o cliente e o time de desenvolvimento do fornecedor.

2.3 CAPACIDADE COMPETITIVA

Schumpeter (1949) apresenta o conceito do empresário empreendedor/inovador que se arrisca ao lançar as inovações no mercado, em troca do incentivo de obter lucros extraordinários (lucro do inovador) alcançados em virtude do monopólio da diferenciação do produto frente aos demais concorrentes.

Este autor afirma que estes estudos apresentam o modelo empírico geral que analisa a produtividade total dos fatores (PTF) como variável explicativa e as características da empresa e da indústria como controles da mesma. Estas variáveis são ligadas às teorias Schumpeteriana e Keynesiana que explicam a produtividade por meio da inovação, ganho de escala, acesso a novos insumos e mercados (principalmente o internacional), além de variáveis sistêmicas, como formação de capital social (cooperação para inovar) e presença de instituições (apoio do governo para inovar, universidades, financiamento, entre outros).

A hipótese de Schumpeter preconizando o retorno econômico como fator primordial e a escala como coadjuvante do processo de inovação tecnológica acaba por ser derrogada pela existência de inúmeras pequenas firmas desenvolvendo seus processos de inovação sem a cobertura fantástica de recursos disponíveis fartos, com o governo apoiando grandes projetos que darão notoriedade econômica e política aos atores do processo.

Siliprandi (2010), apresenta um esquema reproduzido na figura 3, que exhibe as funcionalidades das políticas públicas no incentivo à capacitação tecnológica brasileira abrangendo o esforço na criação dessas capacidades inerentes aos processos de desenvolvimento da economia nacional, visando o enquadramento das MPes.



Figura 3: Políticas Públicas para a CTN – Capacidade Tecnológica Nacional
Fonte: Adaptado de Lall (1982), por Siliprandi (2010)

A realidade está longe do que comumente acontece no cotidiano das empresas e pessoas que querem de alguma forma participar efetivamente do processo de inovação no Brasil. Os acessos ainda estão distantes das MPEs, que devem fazê-lo por esforço individual, com recursos próprios, buscando pequenos nichos de mercado que são desprezados pelas grandes companhias por questões de escala e retorno sobre investimento.

Rothwell e Zegveld (1982) confirmam a capacidade de competição das pequenas empresas via inovação, entretanto postulam que as dificuldades, como no acesso ao financiamento, na capacidade de lidar com regulamentos governamentais e na falta de capacidade administrativa especializada, formam obstáculos importantes a serem analisados e superados.

3 MÉTODO

Utilizou-se o estudo de caso por ser representativo e adequado à exposição do projeto como afirma Yin (2005), além de que este tipo de trabalho “ sempre traz a possibilidade de interesse a outros públicos além do acadêmico”. Foram efetuadas várias entrevistas com o diretor da empresa, com gerentes técnico e operacional, com operadores envolvidos na construção de amostras e, depois, no processo de produção do artefato; brigadeiros, tenente-brigadeiro, tenentes e sargento da FAB envolvidos no projeto por parte do cliente, assim como fornecedores que se transformaram em parceiros, que validaram o constructo da pesquisa e a consistência das informações colhidas neste estudo. Posteriormente, aferiram a evolução do produto dando *feedbacks* constantes para seguimento e conclusão da produção.

A empresa: A Comtec Compostos de Segurança Ltda. atua no setor de segurança e proteção com painéis balísticos para blindagem opaca em automóveis, filmes de polímeros especiais, e, agora, transparências ferroviárias e aeronáuticas. Tem sua planta localizada na cidade de Campo Limpo Paulista, Estado de São Paulo, Brasil. A empresa exerce atividade ligada a este escopo desde 2001. Tem sete funcionários no total, sendo quatro na produção.

As instalações de produção atendem aos aspectos legais de forma plena e estão dentro das exigências tecnológicas do mercado brasileiro para o setor aeronáutico, ainda que pequena, consegue desenvolver e entregar para-brisas e outras transparências aeronáuticas atendendo pedidos da FAB – Força Aérea Brasileira. Conta com a aliança operacional e

tecnológica do vidro de empresas irmãs atuantes no setor vidreiro com experiência há mais de 25 anos.

Mercado: setor aeronáutico brasileiro; projeto de nacionalização de peças e componentes das aeronaves para o segmento de reposição, inicialmente, depois o processo se estende para os fabricantes dos produtos aeronáuticos no Brasil, cuja tendência é chegar até a um terço de produtos industrializados no país .

4 RESULTADOS

O Negócio com a FAB:

Após muitos anos de estudos e contando com consultorias especializadas em desenvolvimento aeronáutico, com recursos próprios oriundos da fabricação e comercialização de painéis balísticos para blindagem opaca, a empresa conseguiu adquirir um determinado nível de capacitação tecnológica inicial que a qualificou a participar de uma concorrência internacional promovida pela FAB. Nessa concorrência estavam presentes *players* mundiais do setor oriundos dos EUA, Europa e Japão, fato inédito no Brasil.

O processo inicia-se com o ***SOW: Statement of Work***. Contendo as necessidades de projeto requeridas pelo cliente tais como: as diretrizes de trabalho, as responsabilidades individuais e compartilhadas do projeto, o escopo de engenharia que norteia o projeto, os requisitos fundamentais e importantes, o pacote de acordo entre fornecedor e cliente, os primeiros registros de projeto com desenhos e composições sugeridas para o produto.

Cada item do *SOW* foi atendido e observado para o processo de qualificação técnica exigida pelo fabricante da aeronave e pelo licitante, no caso a FAB, para o enquadramento da Comtec. O próprio cliente age como aliado incondicional às proposições do fornecedor a medida que o auxilia dando *feedback* constante e pontual nas evoluções e avanços obtidos nos produtos para-brisas AMX, contribuindo em parte com informações existentes na entidade e, por outra parte, por experiências adquiridas dentro e fora do país dos fabricantes das aeronaves e dos fabricantes dos vidros e transparências aeronáuticas – *players* – deste mercado que, pelo porte apresentado, encaram a concorrência em questão como mais um pedido no rol do seu faturamento.

Fornecedores tornaram-se aliados imprescindíveis na escalada da informação técnica e processo tecnológico de fabricação de vidros e transparências aeronáuticas, constituindo-se como fonte inesgotável de conhecimentos base para o *start* do projeto completo, evocando aqui as prerrogativas da *chain link* .

Na sequência e inteirados do nível de exigência preconizado no *SOW* a Comtec recebe o ***RFP – Request for Proposal*** contendo os critérios de seleção para a licitação, instruções de preenchimento e respostas, critérios da proposta gerencial –estrutura que atenderá aos requisitos do cliente, critérios para a proposta comercial, critérios para a proposta técnica, requisitos de qualidade e produção, acordos sobre fornecimento e assistência técnica ao produto, os contatos com o cliente e usuários das aeronaves em questão, aspectos legais envolvidos no processo, interação entre fornecedor e cliente, além de fixação de prazos de execução, condições gerais de fornecimento e contrato de confidencialidade.

Os primeiros passos para a tomada de posição frente a necessidade do cliente brasileiro foram dados observando todos os quesitos constantes da RFP, desenhando um a um, construindo o arcabouço das atividades de maior tecnologia dentro de casa, sempre observando as normas internacionais que regem o assunto, também com a formulação de uma

composição próxima à necessidade apresentada na amostra fornecida, todavia com alguns entraves tecnológicos para desenvolvimento das peças e consequentes testes exigidos.

Os parabrisas originais tinham uma composição determinada, porém a Comtec ofereceu uma inusitada composição blindada que revolucionou o processo de nacionalização de itens da aviação brasileira, fabricados por empresa 100% nacional, MPE, com recursos limitados, porém com a determinação de levar a efeito um projeto desafiante. Este projeto, na concepção da hipótese schumpeteriana, não teria lugar numa empresa deste porte, em um esquema de produção e perspectiva econômica dessa natureza.

O trabalho de corpo a corpo da equipe reduzida da Comtec, mas competente, logrou a simpatia do alto escalão do Ministério da Aeronáutica apesar das barreiras impostas por áreas operacionais do projeto e dos concorrentes internacionais não convencidos da capacidade técnica do empresário nacional.

Ao longo do processo de licitação, foram desenvolvidos internamente vários dispositivos e equipamentos de produção e testes dos vidros aeronáuticos que não existiam no Brasil. A construção de tais equipamentos somente logrou êxito dado o esforço dos profissionais da empresa, um engenheiro e um especialista em produção de peças aeronáuticas, no projeto e materialização, tudo com a colaboração dos prepostos do cliente, gerando assim, via *feedback* várias ações que contribuíram para o desenvolvimento do parabrisa AMX plenamente, resultando em:

- Descrição Inicial do Projeto com Base Empírica – atendendo a RFP
- Matrizes dos Vidros
- Gabarito de Curvação e Moldagem
- Dispositivos de Laminação e Fusão
- Dispositivos de Usinagem
- Canhão de Impacto (teste mais importante)
- Dispositivo de Choque Térmico
- Estufa Especial para Vidro Aeronáutico
- Dispositivo Binocular a Laser
- Quadro Óptico
- Dispositivo de Simulação de Pressão Interna e Externa

Deve-se levar em conta a inicialização de todo o projeto da estaca zero, sem nenhuma orientação específica sobre os produtos envolvidos na concorrência, apenas a base fundamental de normas aeronáuticas, tais como: Norma 1000 e Norma STM.

Várias amostras, prototipação, foram desenvolvidas e testadas internamente com a participação do cliente, incluindo os testes de impacto de pássaro – um “canhão” de quinze metros com um vaso de pressão que simula o impacto de pássaros no parabrisa do AMX, até se chegar a composição final e processo final que deu a estabilidade ao produto com a aprovação irrestrita do cliente ao participar do evento de homologação do produto no último ensaio feito.

O contrato foi vencido a duras penas pela Comtec. A entrega dos vinte para-brisas de AMX para a FAB foi efetuada e a empresa persigna por uma linha de financiamento para continuar sua pesquisa e desenvolvimento de novos projetos na área aeronáutica, adquirindo novos equipamentos de nível internacional que a colocará lado a lado com as empresas gigantes do setor no quesito tecnologia e “know how”.



5 ANÁLISE:

A Comtec, usada neste estudo de caso, assumiu o modelo *chain-link* como base de seu processo de inovação iniciado há sete anos, sendo o orientador dos estágios de desenvolvimento de um novo produto: para-brisas do AMX, jato fabricado pela Embraer - Brasil. É sob este referencial teórico que a análise é desenvolvida.

O mercado (ver figura 2) potencial identificado pela empresa ocorreu dada a necessidade de se nacionalizar a maior parte possível de componentes de aviões fabricados no Brasil. Iniciou-se com a reposição de para-brisas das aeronaves AMX e Super Tucano, ambos fabricados pela Embraer. Outras oportunidades são as aeronaves F5, fabricados pela Boeing. Identifica-se também no estudo de caso, o tipo de concorrência enfrentado pela Comtec: grandes empresas sediadas nos países centrais do capitalismo e que fornecem para muitos clientes de diversos países.

Identificado seu mercado potencial, a Comtec passa a montar seu primeiro projeto analítico a partir de uma concorrência pública da FAB – Força Aérea Brasileira, contando com a cooperação fundamental dos responsáveis operacionais do governo-cliente, de fornecedores dos componentes vitrios, além de *players* internacionais. Desta forma a Comtec conseguiu evoluir tanto no processo de habilitação e aprovação para a concorrência quanto para a sequência no detalhamento do projeto e testes iniciais do produto.

Após anos desenvolvendo sua capacitação tecnológica básica no setor, a Comtec passa a focar o mercado de transparências aeronáuticas como potencial (indicado por C, cadeia central, na figura 2) dentro e fora do país, amalhando todo o conhecimento adquirido a favor desse projeto.

Kline e Rosenberg (1986), notam que é extremamente difícil julgar o impacto comercial de uma inovação antes de sua introdução no mercado. Mesmo assim, a empresa resolve entrar nesse mercado como desafio tecnológico e busca por elevação de conceito de negócios a ser incorporado na imagem empresarial.

Focalizando a cadeia central (C) proposta no *chain-link*, (figura 2) a liderança do novo projeto foi buscar no estoque de conhecimentos sobre o vidro no próprio grupo originário composto de pequenas empresas, visando segmentos/nichos de mercados emergentes como o ferroviário e o aeronáutico. Esse grande conhecimento vem dos anos oitenta para cá atuando no segmento de encarroadoras de ônibus (nicho no mercado automobilístico), vidros para a construção civil (nicho de vidros especiais com *performance* física), vidros náuticos (nicho no Brasil), constituindo-se em aprendizado importante e fundamental como entrantes em segmentos de alta tecnologia e alto grau de exigência.

Este rol de informações e indicações recebido auxilia na construção do projeto detalhado – terceiro passo da cadeia central (C) – e o início dos testes de materiais e protótipos/modelos do produto a ser fabricado.

Concentrando-se nas informações sucessivamente recebidas de todas as fontes possíveis há um avanço até a reformulação necessária para o item desenvolvido, o parabrisa AMX, evidenciando a quarta etapa da cadeia central (C).

Estes cinco fluxos de informação considerados de forma conjunta relacionados ao modelo *chain-link* são constitutivos da progressiva criação de capacitações tecnológicas da empresa. Os fluxos de informações estabelecidos entre a cadeia central e o estoque de conhecimento disponível e a pesquisa exigida para o atendimento de requisitos específicos de conformidade são também apresentados sob a ótica da organização que deve criar capacitações tecnológicas para atender a estes requisitos. A infraestrutura de ensaios e de

prototipação visam à qualificação e demonstração de conformidade de componentes aeronáuticos, é também apresentada e discutida.

O estudo deste caso mostra que características comuns do CoPs podem ser notadas, de acordo com Chagas Jr. e Cabral (2010), no projeto descrito, dentre elas:

- (a) a inexistência de *design* dominante na indústria aeronáutica em seu segmento de defesa, por sua vez no para-brisa do AMX selecionado.
- (b) a grande quantidade de disciplinas tecnológicas que devem ser dominadas e integradas seguindo a lógica hierárquica do CoPs, marcantes na indústria aeronáutica que devem ser observadas no desenvolvimento das transparências para aviões expostas a seguir
- (c) a necessidade de se estabelecer redes Inter organizacionais, com base em um projeto, onde os agentes devem assumir acordos de participação *ex-ante*, e negociar questões técnicas ao longo do ciclo de vida do sistema
- (d) o grande envolvimento de clientes ao longo de todo o processo, como ocorreu com a FAB no caso descrito adiante
- (e) características do Parabrisa AMX observando a complexidade do sistema de construção de aviões: *interfaces* bastante complexas – processo de multilaminação de vidros e polímeros com capacidade de adesão ultra, deformação mínima ao impacto de pássaros, segurança total na fixação do *frame* na aeronave, composição altamente específica e única
- (f) a produção é feita em pequenos lotes e o projeto é único, não servindo para outros itens de aeronaves, em uma primeira aproximação, a reposição depois dessa entrega passa a ser menos complexa.
- (g) em termos de Brasil e Comtec, o processo de inovação é evidente e sua trajetória acordada *ex-ante*, já que o projeto AMX pode sofrer alterações, bem como observação do ciclo de vida recomendado do para-brisa instalado. Materiais e processos foram utilizados na fabricação do Para-brisa AMX com alto grau de inovação nacional e, intensivamente, na própria empresa.
- (h) a coordenação industrial integrada por técnicos do cliente, por especialistas do mercado, por empresas de serviços complementares cuja estabilidade dar-se-á em longo prazo – a primeira fase já passou, agora vem a sequência com novos produtos.
- (i) tais alianças multífirmas com base em projeto, como o fato que eleva a Comtec a um possível parceiro da indústria aeronáutica constitui-se em processo de capacitação da empresa a participar da integração de sistemas complexos; torna-se como estratégia eficaz de competição em um mercado de alta tecnologia com barreiras de entrada muito importantes.

A funcionalidade observada no modelo CoPs de Davies & Hobday, aplicada à atuação desta empresa em sua escalada progressiva no atendimento ao pedido da FAB – Força Aérea Brasileira, consubstancia a análise de que as MPEs podem alcançar êxito em suas operações agindo como participantes em sistemas complexos de fornecimento a grandes integradores.

Por outro lado, cabe registrar a grande dificuldade de acesso às linhas de financiamento de projetos desse tamanho, que beneficiam grandemente a indústria nacional integradora e o quadro de participação dessa indústria na “internalização” de componentes fabricados no exterior.

O caminho é muito difícil, para não dizer impraticável cujas barreiras a tais financiamentos não se alinham à vontade nacional de desenvolvimento econômico interno. Há de se ressaltar que, a medida que as empresas tenham condições de atuar nesse cenário da inovação nacional com recursos adequados, sem a preocupação de como irão financiar seus projetos tão importantes para o Brasil, sem dúvidas muitas iniciativas não serão frustradas por falta de recursos em projetos relevantes no setor aeronáutico.

Esta análise mostra que uma MPE fazendo o trabalho de empresa grande, apenas tendo como prerrogativas o seu tamanho que permite maior flexibilidade tanto técnica como de mercado – adapta-se facilmente ao nicho de mercado cuja demanda é de poucas peças com alto valor agregado, alto valor unitário e alta tecnologia. Essa afirmação permite fazer a correlação com a falácia da hipótese schumpeteriana, não havendo causalidade no que se refere a inserção das MPEs no contexto aqui apresentado.

Toda a energia aplicada nesse objetivo obstinado vem da vontade, determinação e dedicação plena do líder do projeto, o empreendedor, o orientador interno e externo, o diretor da empresa que jamais deixou esmorecer as forças do conjunto da equipe, mesmo em momentos de baixa no fluxo monetário, e investidas não ortodoxas de concorrentes e atores do processo. Efetiva criação de capacitações tecnológicas alinhadas ao modelo *chain-link* que direciona a Comtec ao sucesso de suas inovações implementadas por conta da entrada em um mercado altamente especializado.

Desenvolve-se, assim, um peculiar processo de capacitações tecnológicas jamais experimentado no setor de vidros e transparências aeronáuticas dentro do país, potencializando sua equipe para abraçar projetos de maior desafio tecnológico uma vez que a Comtec atingiu patamar de conhecimentos que a qualifica para tal.

Tem-se um mercado emergente no Brasil com a vinda de integradores como a própria Bombardier, do Canadá e CAF, da Espanha – operando no setor ferroviário brasileiro – e que poderão trazer experiências e oportunidades de alto grau, como já acontece com a própria Comtec no atendimento de parabrisas e janelas especiais para trens de passageiros e unidades de metrô nas principais cidades brasileiras.

São exemplos típicos de nichos de mercado com alta tecnologia aplicada exigindo das MPEs um alinhamento e nivelamento às grandes empresas internacionais no setor.

Vê-se aqui o esquema da modularidade desses setores, conforme aborda Forsberg et al. (2005), fomentando o crescimento e amadurecimento de MPEs em processo bastante acelerado para o atendimento de suas várias “interfaces” na construção de aeronaves, trens e outros equipamentos necessários no cenário econômico e de desenvolvimento nacional.

6 CONCLUSÃO

A análise do estudo de caso mostrou como ocorreu a progressiva criação de capacitações na COMTEC, que permitiu a superação de importantes desafios tecnológicos. Através do modelo *chain-link*, observou-se como os cinco fluxos de informações foram estabelecidos nesta empresa, identificando também os percursos seguidos, desde a identificação do mercado potencial até a entrega do produto final atendendo aos requisitos aeronáuticos. O tipo de competição centrado em níveis de confiabilidade do produto, baixa escala de produção e alta variação do produto final é também analisado. Discutiu-se ainda a forma como se estabelece a superposição entre a base de conhecimento do cliente e aquela do fornecedor, superposição esta exigida para a coordenação da indústria e a definição de estratégias competitivas baseada em vantagens tecnológicas do produto.

Do presente estudo é possível concluir que existem diversas formas de criação de capacitações tecnológicas, em pequenas organizações, visando a superação de desafios inerentes às indústrias intensivas em tecnologia. Estes desafios têm início com os requisitos de produto estabelecidos pelo cliente e se desdobram em diversas fases do ciclo de vida de um projeto até chegar ao produto final.

A utilização dos modelos *Chain-link* e *CoPs* na análise foi de enorme valia para expor as nuances do caso Comtec, uma MPE em processo de inovação tecnológica, construindo suas capacitações tecnológicas e funcionais de forma plena e inamovível, deixando a certeza de que o próximo projeto terá um grau de dificuldade menor dado o ganho de conhecimento adquirido, a aprendizagem rica nas várias “interfaces” trabalhadas na produção do parabrisa AMX.

A Comtec torna-se elegível como um fornecedor do mercado aeronáutico brasileiro e com condições de competir no mercado mundial, uma vez cumprida a ampliação de seu aparato tecnológico e de produção.

Há algumas lições que o caso aponta como importantes, em suma, para as MPEs nacionais que queiram ingressar em mercados com base tecnológica significativa: uma delas é que o empreendedor com o estilo como foi descrito aqui constitui figura primordial no sucesso de uma operação dessa monta; segundo, a crescente criação de capacitações tecnológicas coloca a empresa em situação de competitividade com as maiores empresas “players” do setor, com as características mencionadas no decorrer do trabalho.

Novos mercados virão, novos produtos aeronáuticos, ferroviários, náuticos serão desenvolvidos, a receita é sempre promover a inovação nas MPEs e buscar sua capacitação tecnológica independentemente do tamanho da fatura que isso trará no curto prazo. Não que o aspecto econômico não seja importante para a sobrevivência da empresa, mas que não seja, e não é, o mote principal que rompe a inércia da estagnação para o mundo da inovação e da ciência.

O caso serve também como exemplo de reflexão acerca das possíveis limitações do que se entende na literatura como hipótese schumpeteriana, indicando um caso em que esta hipótese aparentemente não se verifica. Os resultados observados sugerem a continuação de pesquisas em pequenas organizações, dotadas de capacitações tecnológicas altamente especializadas, com o objetivo de investigar se elas possuem trajetórias de crescimento decorrentes do aproveitamento de oportunidades de negócio.

7. REFERÊNCIAS

BRADY, T.; DAVIES, A.; e GANN, D. M. Creating value by delivering integrated solutions. *International Journal of Project Management*, 23(5), p.360-365, 2005

BRUSONI, S.; PRENCIPE, A.; e PAVITT, K. Knowledge specialization, organizational coupling and the boundaries of the firm: why do firms know more than they make? *Administrative Science Quarterly*, 46(4), p.597-621, 2001.

CHAGAS JUNIOR, M.F. Criação e Exercício de Capacitações em Integração de Sistemas - Explorando Interações entre Formas de Aprendizagem Tecnológica - O Caso do Programa CBERS. Tese de doutorado em Produção – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos. 2009

CHESBROUGH, H. Towards a dynamics of modularity. In: A. Prencipe; Davies, A. e Hobday, M. (Eds.), *The business of systems integration*, Oxford: Oxford University Press, p. 174-199, 2003.

CHESBROUGH, H. Bringing open innovation to services. *MIT Sloan Management Review*, v. 52 n. 2, p.85-95, 2011



COHEN, W. M.; e LEVINTHAL, D. A. Innovation and learning: the two faces of R&D. *The Economic Journal*, 99 (397), p.569-596, 19889.

DAVIES, A; e HOBDDAY, M. *The Business of Projects: Managing Innovation in Complex Products and Systems*, Cambridge, Cambridge University Press, 2005.

FORSBERG, K.; MOOZ, H. e COTTERMAN, H. *Visualizing project management: models and frameworks for mastering complex systems*. 3. ed. New York: John Wiley, 2005.

KLINE,S. J. e ROSENBERG, N. An Overview of Innovation. In: LANDAU, R. e ROSENBERG N., *The Positive sum strategy: harnessing technology for economic growth*. Washington, D.C.: National Academy of Engineering, 1986

PINCH, T. e BIJKER, W. *The Social Construction of Facts and Artifacts: Or, How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other*. In: Pinch, Bijker and Thomas Hughes (Eds) *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, MA: MIT Press, p.17-50, 1987

ROTHWELL, R. Towards fifth-generation process innovation. *International Marketing Review*, 11(1), p. 7-31, 1994

SILLITTO, H. Some really useful principles: a new look at the scope and boundaries of systems engineering [CD-ROM]. *Proceedings of the International Council on Systems Engineering*, San Diego. San Diego: Incose, 2005.

STEINGRABER, R; GONÇALVES, F de O Inovação e produtividade na firma Schumpeteriana. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2005

UTTERBACK, J. M. *Mastering the Dynamics of Innovation: How Companies Can Seize Opportunities in the Face of Technological Change*, Cambridge, MA, Harvard Business School Press, 1994..

UTTERBACK, J. M., ABERNATHY, W. J. A dynamic model of product and process innovation. *OMEGA, The International Journal of Management Science*, 3, 639-656, 1975.

WHEELRIGHT, S.C. e CLARK K.B. *Revolutionizing Product Development*, New York: The Free Press, New York, 1992.

YIN, R.K. *Estudo de casos: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2005