



Implantação da política para *take-off* tecnológico e algumas considerações sobre o desenvolvimento nacional

Isabel Cristina dos Santos¹

Márcio da Silveira Luz²

Resumo

Este trabalho discute a necessidade de uma política de inovação tecnológica e a conveniência da Engenharia Reversa, ou Inversa na aprendizagem de novas tecnologias. Ainda, apresenta a prática de desenvolvimento tecnológico em nações consideradas tecnologicamente bem-sucedidas. Em comum, essas nações produzem novos conhecimentos tecnológicos a partir do fluxo contínuo de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico Aplicado, o que amplia a participação dos produtos tecnológicos nas exportações e eleva os níveis de desenvolvimento econômico. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, baseada em análise documental, em fontes secundárias reconhecidas, possibilitando comparar a prática de Desenvolvimento Tecnológico entre o Brasil e outros países. Conclui-se que o domínio tecnológico nacional amplia-se com a exportação de produtos de alta tecnologia. O trabalho destaca o valor estratégico da extensão dos incentivos governamentais e de agências de fomento para a Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico às atividades de Engenharia Reversa, ou Inversa e Imitação Criativa.

Recebimento: 27/08/2007 • Aceite: 19/10/2007

¹ Administradora, Mestre em Administração (PUCSP, 1999), Doutora em Engenharia (EPUSP, 2004), Professora Assistente Doutora – Depto. Economia, Contábeis e Administração da Universidade de Taubaté. Rua Expedicionário Ernesto Pereira, 225. Taubaté/SP. CEP 12030-320. E-mail: isa.santos.sjc@gmail.com.

² Engenheiro Mecânico (UFF, 1973), Mestre em Ciências Aeroespaciais (ITA, 1978), Doutor em Ciências (ITA, 1983). Professor Assistente Doutor – Depto. Economia, Contábeis e Administração da Universidade de Taubaté.

Palavras-chave: *take-off* tecnológico. engenharia reversa, desenvolvimento nacional.

Technological take-off policy implementation and some considerations on the national development

Abstract

This workpaper discusses the necessity of a technological take-off policy implementation and raises-up some considerations on the Reverse Engineering should be contributive to the new technologies learning process. Therefore, it presents a comparative study on the high-technology development among a group of succeed nations. In common, they show a perennial investment flow in Applied Research and Development through which those nations enlarge the high technology products sharing on their Trade Balance, which calls for a gradual Economic Development. This work was based a documental and historic research. As a result, a short comparison on the Technology Development Best Practices among Brazil and other countries was presented. Besides, the research has pointed out that technological domain is widely enlarged by a continuous flow of high-technology product export. And it also highlights the strategic value of funding the learning process through Reverse Engineering and Creative Imitation as well as Research and Technology Development are supported by the Government and Funding Agencies.

Key-words: technology take-off, reverse engineering, economic development.

Introdução

Desde o Governo Vargas, o Brasil tenta empreender, com perseverança, uma política desenvolvimentista, com o objetivo de atingir certo grau de nacionalização tecnológica, em particular no setor de alta tecnologia, e, ao mesmo tempo, aplicar esse desenvolvimento na ocupação e integração produtiva do território nacional. Na década de 1960, a mudança da capital para Brasília e a abertura da rodovia Belém-Brasília representaram esforços notáveis.

Durante o regime militar, na década de 1970, foi aberta a rodovia Transamazônica e uma série de vias de penetração para a real ocupação do *'hinterland'* amazônico, além de outras iniciativas para estimular o crescimento nacional. Contudo, essa fase de expansão rodoviária brasileira trouxe resultados de pouca expressão para nível de conhecimento típico de uma nação em desenvolvimento no Século XX.

Se comparada à malha rodoviária existente no Império Romano que, no Século III, chegou a possuir em torno 85 000 km de estradas pavimentadas, algumas das quais ainda em uso atualmente, a atual malha rodoviária brasileira, com 54 000 km, perde inclusive na extensão. A situação dos outros modais não é melhor. A malha ferroviária nestes últimos cinquenta anos não só não cresceu como também diminuiu, ocorrendo o mesmo na navegação de cabotagem.

Um tipo de iniciativa tecnológica muito peculiar foi a compra de unidades industriais e de serviços, prontas e estruturadas para a operação, em regime de *'chave na mão'* - *turn-key* - especialmente nos setores de indústria química de processamento, Transportes e Telecomunicações, antes mesmo das competências técnicas primárias estarem desenvolvidas, resultando daí, gastos adicionais utilizados emergencialmente em consultorias, quando o fluxo lógico seria a geração do conhecimento, encaminhando a formação das competências tecnológicas necessárias, e a aplicação dos novos conhecimentos na forma de produtos e serviços tecnológicos.

Contudo, o atual projeto de desenvolvimento nacional com base na produção de *commodities* primárias ou secundárias, tais como, grãos, minérios, madeiras nobres, gusa, alumínio e outros metais e outros, o que não proporciona as taxas de crescimento que o país necessita, nem a oferta desejada de empregos. Isto pode ser facilmente verificado comparando-se as taxas de desenvolvimento de países que estão empreendendo o *'take-off'* tecnológico a exemplo da China, Coréia, Índia, em contraste com o Brasil.

Verifica-se então que, para crescer com as taxas necessárias ao alcance do progresso econômico e tecnológico, gerando as divisas de que necessita e a abertura de novos postos de trabalho em setores de alta tecnologia, o Brasil deveria seguir o caminho do *'take-off'* tecnológico – produzir e vender produtos, processos e serviços com crescente valor agregado gerado pela tecnologia incorporada. Para tanto, o país deve rever sua abordagem quanto à aprendizagem tecnológica. O ensino deve ser melhorado, por meio da valorização do professorado e sensíveis atualizações nos conteúdos programáticos dos cursos técnicos e tecnológicos. A matriz educacional brasileira deverá ser radicalmente revista e ampliada para setores promissores da economia.

Outro ponto a considerar é que, como nenhum país atingiu o pleno desenvolvimento com a produção de *commodities*, sendo indispensável, portanto, o *'take-off'* tecnológico para atingir este *'status'*. É, então, necessário, como destacado pela União Européia, que para que o Brasil se desenvolva, um programa nacional, em vários níveis de comprometimento, e não apenas do governo, com o persistente investimento da modesta alíquota de 3% do Produto Interno Bruto – PIB- gerado pelo país, dos quais 40% aplicados em Ciência e Tecnologia, ou seja, apenas aproximadamente 1% do PIB. Além disso, esses investimentos não privilegiam adequadamente a área de Ciências Naturais e Engenharia. A Biotecnologia, uma das efetivas áreas de pesquisa no país, desenvolve, em grande parte, pesquisas em projetos relacionados ao agronegócio, evidenciando a orientação nacional para a produção das *commodities* agrícolas.

Ainda que sejam consideradas as favoráveis condições físico-químicas do solo brasileiro para a agricultura, tais como propriedades minerais, a extensão das áreas agriculturáveis e as disponibilidades de água e insolação, seria inviável concentrar a capacidade de geração de divisas, exclusivamente no setor primário, sem vincular a capacidade deste setor, pautado pelo comércio mundial de *commodities*, em gerar recursos que financiem o *'take-off'* tecnológico do país, seguindo o exemplo da Austrália.

Por outro lado, deve-se ter em conta que os resultados de uma política tecnológica, conquanto seguros, não são instantâneos. No caso da Coreia, demandou quase trinta anos para forjar resultados expressivos. Entendendo como empresa brasileira aquela cujo conhecimento esteja no Brasil, para preencher o hiato verificado acima e permitir a inserção do Brasil no mercado de tecnologias, sem ter que esperar décadas, uma proposta seria a trilha já percorrida com sucesso

pelas *'Newly Developed Economies'* e se valer da 'imitação criativa', associada à Engenharia Reversa, ou Inversa ou reversa para criar produtos e ofertá-los ao mercado, ainda que sejam esses recursos de Desenvolvimento Tecnológico, passíveis de inumeráveis controvérsias.

As questões que a circundam vão desde a legalidade da prática, que pode ser vista como uma ameaça ao sistema internacional de propriedade intelectual até a discussão sobre os limites do Direito do Consumidor em conhecer profundamente a tecnologia da qual ele faz uso. Discute-se ainda, se a Engenharia Reversa, ou Inversa é ou não um direito dos competidores ou de algum tipo de consumidor. Além das questões de caráter ético, deve-se incluir no âmbito da discussão sobre a autonomia tecnológica de uma nação, como definir a Engenharia Reversa, ou Inversa, seus limites, aspectos da criatividade estimulados ou contidos com o processo e, ainda se a uma cópia criativa deve ser ou não considerada uma inovação.

Conquanto haja poucos trabalhos sobre o assunto, a aplicação da Engenharia Reversa, ou Inversa ao mundo do *software* é a que tem tido mais atenção dos pesquisadores. A pouca ênfase ao assunto reflete um descaso no qual se pode entrever um menosprezo de todo o procedimento de Engenharia Reversa, ou Inversa que ficaria então como um assunto banido da arena acadêmica, o que seria quase um chauvinismo. Entretanto, como será mostrado, dados os resultados que o seu uso proporciona, indicam que o assunto merece a atenção e uma reflexão mais aprofundada por parte dos vários setores da Ciência e da Tecnologia.

O presente trabalho demonstra que os países que adotaram a Engenharia Reversa, ou Inversa, como parte da sua estratégia de *'take-off'* tecnológico, assumiram posição de destaque no processo de desenvolvimento nacional e exibem as maiores taxas de crescimento econômico do planeta, enquanto que a sua não utilização por uma economia ainda em desenvolvimento implica no percurso árduo de um caminho dificultado pela falta de recursos econômicos, científicos e tecnológicos, cuja satisfação encarece e retarda em muito todo o processo, fazendo mesmo com que, em muitos casos, se perca a janela de oportunidade.

Uma Tentativa de Formalização da Engenharia Reversa, ou Inversa ou Reversa

A primeira preocupação será a construção de uma definição efetiva para o processo de Engenharia Reversa, ou Inversa. Pode-se seguir a *Canadian Geospatial Data Infrastructure* (apud Rapoza, 2005)

que define a Engenharia Reversa, ou Inversa como a análise de um produto ou de outro resultado de um processo de modo a determinar como duplicar o *know-how* que foi empregado para criar o produto ou processo.

No chamado modelo ocidental de Gestão de Ciência, Tecnologia e Inovação, a Ciência é na sua maior parte desenvolvida em universidades e a Tecnologia é criada principalmente em grandes centros de pesquisa.

Uma vez que o governo, no Ocidente, financia estes estudos, o conhecimento gerado passa a ser parte do patrimônio público. No Oriente, por exemplo, Japão e Coréia, o governo financia diretamente o desenvolvimento tecnológico conduzido por empresas, i.e., os centros de Pesquisa e Desenvolvimento são majoritariamente geridos pela iniciativa privada.

Ainda, no Ocidente, os esforços militares têm sido, até hoje, um dos principais motores da Pesquisa e Desenvolvimento. No Oriente, especialmente no caso do Japão e dos chamados ‘tigres asiáticos, a orientação é puramente comercial.

Generalizando e, portanto, correndo os riscos inerentes a este processo, como no Ocidente, a pesquisa básica normalmente precede o desenvolvimento tecnológico, diz-se que a ciência ‘empurra’ a tecnologia, ao passo que, no Oriente, dada a sua orientação mercadológica, pode-se afirmar que o mercado ‘puxa’ a inovação tecnológica.

A diferença de abordagem é facilmente identificável, ao se comparar os esforços despendidos em pesquisa básica do Oriente e do Ocidente: o oriental é claramente incompatível com suas conquistas tecnológicas, ficando muito aquém do esperável. Por outro lado, o modelo oriental livra as nações adotantes do encargo oneroso do fomento à ciência básica, porém sem vedar-lhes o acesso à mesma, uma vez que continuam usufruindo as descobertas feitas por outras nações e divulgadas nas publicações especializadas.

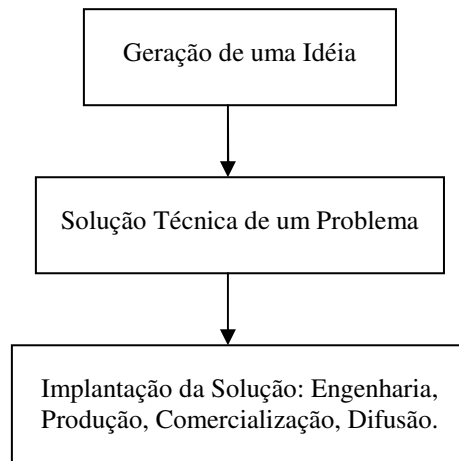
Entendendo-se também a Engenharia Reversa, ou Inversa ou Inversa como também um processo de inovação tecnológica que, de fato, é, verifica-se que as crescentes restrições internacionais impostas ao acesso às ‘tecnologias militarmente críticas’ ‘empurram’ o país para que desenvolva sua própria base tecnológica militar e, daí, seu próprio complexo industrial-militar.

A Evolução do Processo Inovador

Como a literatura ainda não trata adequadamente a Engenharia Reversa, ou Inversa, deve-se examinar os modelos criados para a engenharia direta (*forward engineering*) e verificar sua aplicabilidade ao caso inverso.

Existem na literatura vários modelos que tentam delinear e estruturar os elementos, i.e. as atividades principais que compõem o Processo Direto de Inovação. O mais simples é o Modelo Linear da Inovação Tecnológica, mostrado na Figura 1.

Figura 1: Modelo Linear de Geração de Conhecimento



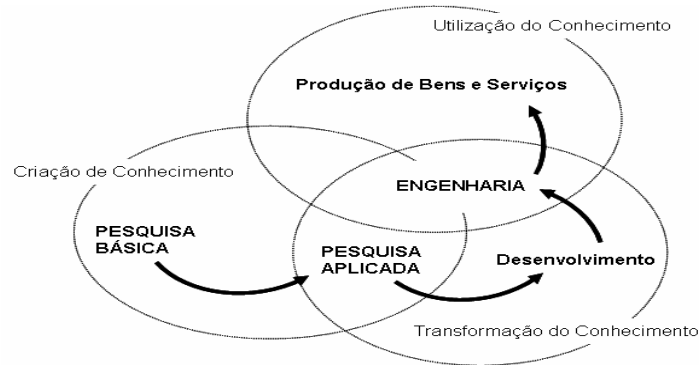
A Figura 1, acima, vale tanto para os desenvolvimentos ‘empurrados’ pela pesquisa básica quanto pelos ‘puxados’ pelo Marketing.

A pesquisa básica, a pesquisa aplicada, o desenvolvimento (engenharia de projetos) e a produção (engenharia de produção) têm peculiaridades tais que se constituem em microcosmos distintos, havendo mesmo a necessidade de se ‘traduzir’ informações ao se passar de uma para outra área, uma vez que, tendo ‘culturas’ diferentes, têm também ‘linguagens’ diferentes.

A Figura 2, a seguir apresentada, mostra os universos envolvidos no desenvolvimento de um produto com suas interações e interfaces. Ela trata do desenvolvimento ‘empurrado’ pela ciência básica, na visão ocidental, onde foi omitido o papel do Marketing. No

caso de um desenvolvimento ‘puxado’ pelo mercado, substituir-se-ia, a pesquisa básica pela ação do Marketing.

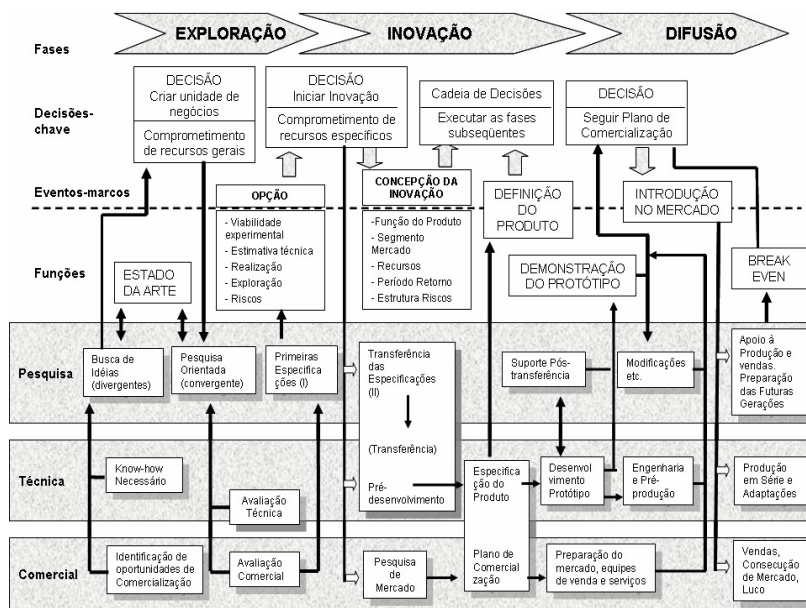
Figura 2: Universos Envolvidos na Transferência da Tecnologia e da Inovação



Um modelo mais sofisticado é o concomitante ou paralelo, mostrado na Figura 2, acima, que permite a compressão de prazos, mas é extremamente mais complexo, requerendo, portanto, uma gestão muito mais sofisticada. Entretanto, é mais realista, retratando mais fielmente a prática.

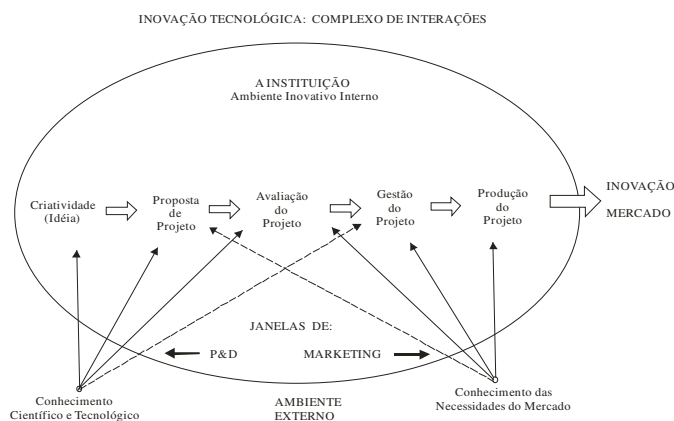
Outro modelo de análise possível é o Modelo Paralelo de Schmidt-Tiedemann (1982), que exhibe uma complexa rede de interações para o processo completo do Desenvolvimento Tecnológico, como mostra a Figura 3 abaixo.

Figura 3: Modelo Paralelo de Desenvolvimento da Inovação de Schmidt-Tiedemann (1982)



A Figura 4, a seguir, ilustra o complexo de interações no processo de inovação tecnológica segundo Twiss (1992), nele são mostrados os universos envolvidos na Pesquisa e Desenvolvimento.

Figura 4: Complexo de Interações no Processo de Inovação Tecnológica (TWISS, 1992)



Verifica-se a interação entre o ambiente externo e o interno feita através das janelas de Pesquisa e Desenvolvimento e do Marketing, que permitem à organização inovadora acesso às informações de que necessita para o processo, tanto de Marketing quanto de Ciência e Tecnologia. A questão que ainda se põe é a busca por uma formulação de um processo inovador que integre tanto a Engenharia Reversa, ou Inversa quanto a Imitação Criativa.

A Engenharia Reversa, ou Inversa como Inovação e o Processo Inovador Direto

O necessário zelo para com a documentação técnica do desenvolvimento de um produto ou sistema é freqüentemente negligenciado; e isto não se dá só em nações com pouca tradição em Ciência, Tecnologia e Inovação, como o Brasil: nos EUA. Após o acidente com o *Space Shuttle*, verificou-se que o país ficara sem seu lançador de satélites pesado. Naquele momento, foi cogitada a volta do confiabilíssimo '*Saturn*', que anos antes levava o homem à Lua. Porém, isso não foi possível porque simplesmente perdera-se a sua documentação de desenvolvimento, o que representou algumas toneladas de papel. Em situações como esta seria recomendável o emprego da Engenharia Reversa, ou Inversa.

No que diz respeito à engenharia de software, ao se analisar o problema pelo lado da segurança, dado que está praticamente consagrada pelos produtores norte-americanos, a prática de fazer com que, sem uma manifesta, explícita e inequívoca permissão por parte dos usuários, que não têm conhecimento da extensão da intrusão que serão vítimas, os programas acessem a rede e mandem informações sobre o que acontece consigo e com o sistema onde estão operando. O que constitui evidente risco para a segurança das informações e da operação. Mesmo sendo em consonância com o sistema legal norte-americano que, de modo algum, é universal, esta prática indesejável, por si só, explica e justifica o acesso aos programas-fonte pelo emprego da Engenharia Reversa, ou Inversa de software como um direito e, mais que isto, uma necessidade, para se manter seguros. Há estimativas recentes que apontam que este tráfego máquina-máquina pela Internet em breve superará o homem-homem.

A Internet é uma criação norte-americana, desdobrada da Arpanet, esta concebida para auxiliar a gerenciar os sistemas de Defesa dos Estados Unidos da América - USA. Os EUA abriram esta rede ao uso civil e o fizeram para o mundo. Ao fazê-lo, o tráfego de informações através desta poderosíssima rede tinha que ter o mesmo

respeito pelo sigilo que o que há nos correios. Entretanto, há vários programas, concebidos por agências governamentais norte-americanas, que vasculham a rede monitorando, de modo invasivo, seu tráfego. Exemplos disto são o ‘*Carnivore*’, usado pelo FBI ou o ‘*Echelon*’, empregado pela CIA, supostamente para vigiar a Internet protegendo os EUA contra terroristas e outras ameaças, mas sem nenhuma garantia da restrição desta intenção.

Como o *cyberspace* é virtual e, portanto, transnacional, e a *realpolitik* permite que, quando for conveniente, tais intromissões deixem a categoria lícita de inteligência para ir para o terreno da não ética e ilícita espionagem, dando, então, a todas as nações e organizações invadidas, violadas, o direito e, mesmo, o dever de envidarem o melhor dos seus esforços para bloqueá-los, protegendo assim o sigilo das comunicações dos seus concidadãos ou funcionários. Outro ponto a ser abordado é a estratégia industrial de provocar uma obsolescência tecnológica pela mudança de produtos, freqüentemente injustificada pelo lado do desempenho, provocando falta de ‘*spare parts*’, dificultando assim sua manutenção, ou deliberada não conectividade, para forçar sua substituição precoce e, então, aumentar as vendas, absolutamente legitimam a Engenharia Reversa, ou Inversa para permitir ao consumidor manter seu sistema ou produto funcionando. Usualmente, os *softwares*, numa nova versão, lêem os arquivos salvos em versões anteriores, mas, ao salvar de novo, incorporando quaisquer alterações, fazem-no num formato tal que as versões anteriores deste mesmo programa já não mais conseguem lê-los, contribuindo decisivamente para acelerar a obsolescência das versões anteriores, na maioria das vezes ainda atendendo plenamente o requisito de funcionalidade desejado pelo cliente, numa evidente má prática comercial - leonina. Novamente, como em grande parcela, os produtores de *software* são norte-americanos, mesmo estando em consonância com o seu sistema legal, como este é, de modo algum, universal, tais práticas conferem a todas as outras nações o direito de incentivar a Engenharia Reversa, ou Inversa para manter a inviolabilidade e, mesmo, operacionalidade de seus sistemas. O movimento dos *softwares* abertos e livres é uma reação a esse inadequado *modus operandi* comercial.

Em adição, se uma dada tecnologia puder ser, ou passar a poder ser empregada subsidiariamente em armas ou vetores de armas de destruição em massa. Isto faz com que os detentores destas mesmas tecnologias de armas de destruição em massa capitaneados pelos EUA, ajam no sentido de, por via econômico-diplomática, como os tratados

de não proliferação e regimes de controles tecnológicos, seguidos ou não por sanções do Conselho de Segurança da ONU dentre outras medidas. Restringir o seu acesso aos demais países, numa política global de embargo de altas e nem tão altas tecnologias que, claro, não têm só emprego militar. Assim, por exemplo, tecnologias de encriptação-decriptação de informações, que podem controlar arsenais de armas de destruição em massa, mas têm larga aplicação comercial, passaram a ser restritas. A manutenção dos automóveis de Cuba, atestado inequívoco da criatividade e da inovação empregadas para a solução de um problema crítico de não disponibilidade de 'spare parts', são um exemplo extremo da resposta aos efeitos de um bloqueio comercial e tecnológico feito exclusivamente por razões políticas.

A consultoria norte-americana DRM Associates (2006), atuante na área de desenvolvimento de novos produtos, não define, mas caracteriza a Engenharia Reversa, ou Inversa como uma abordagem sistemática para analisar o projeto de produtos ou sistemas existentes. Pode-se usá-la tanto para estudar um processo de projeto ou, como um passo inicial no processo de reprojeto, para fazer qualquer um das seguintes ações: a) Observar e avaliar os mecanismos que fazem o produto funcionar; b) Dissecar e estudar o funcionamento interno de um produto; e, c) Comparar o produto real com as observações feitas e sugerir melhorias. A DRM (2006) também fornece uma lista de razões éticas que justificam a Engenharia Reversa, ou Inversa:

- O fabricante original do produto não mais produz,
- Existe uma documentação inadequada do projeto original,
- O fabricante original não mais existe, mas o cliente necessita do produto,
- A documentação do projeto original foi perdida ou nunca existiu,
- Alguns aspectos ruins de um produto necessitam de ser retrabalhados. Por exemplo, peso excessivo pode indicar onde o produto deve ser melhorado,
- Reforçar os bons aspectos do produto baseado em observações do uso por muito tempo,
- Para analisar os bons e os maus aspectos de produtos de competidores,
- Para explorar novas maneiras de melhorar o desempenho e outros aspectos do produto
- Empregar métodos de *benchmarking* competitivo e comparar o produto no todo ou parte com os de competidores, entendendo-os, de modo a poder desenvolver melhores produtos,

- O modelo original em CAD não é suficiente para suportar modificações ou os métodos atuais de manufatura,
- O fornecedor original não pode ou não quer mais fornecer componentes,
- O fabricante original do equipamento não quer ou não pode fornecer peças de reposição ou exige preços excessivos para entregar partes de substituição que lhe são exclusividade,
- Para atualizar materiais obsoletos ou processos antiquados de manufatura por tecnologias mais atuais e baratas.

O bem público de uso comum é algo que pertence a todos: à Sociedade, à Humanidade. Como o Conhecimento é, por excelência, um bem público de uso comum, por mais vantagens que sua posse confira a quem o detiver obedecidos os estritos limites da legislação sobre propriedade intelectual, o seu acesso deve ser religiosamente respeitado.

Os defensores da idéia de que o Conhecimento tem que ser um bem mantido público apóiam-se na idéia de que, para se chegar a cada uma nova descoberta, necessariamente se faz graciosamente uso de conhecimentos outros já em domínio público. Este sentido não necessariamente colide com o princípio da propriedade intelectual, mas o pode restringir, eliminando exageros. Deste modo, a Engenharia Reversa, ou Inversa é também uma poderosa ferramenta para a manutenção de um bem público.

Na realidade, então, a Engenharia Reversa, ou Inversa ou Inversa não é necessariamente, um simples modo de gerar cópia. Tampouco, dada a lacuna de informação acerca do projeto, deva ser reduzida a uma técnica menos valiosa de gerar novos conhecimentos. Pelo contrário, ela pode ser definida como um processo de engenharia direta, com todo o seu refinamento, aplicada em sentido contrário, desconcertadamente, em um contínuo embate com outros modelos mais ortodoxos, os quais visam definir os meios e as formas científico-tecnológicas e, principalmente, legais disponíveis para manter o sigilo, este tratado como uma vantagem competitiva não compartilhada, freqüentemente associado ao domínio de nichos de mercado.

A Vantagem da Engenharia Reversa, ou Inversa sobre a Engenharia Direta – A Imitação Criativa

A maior vantagem da Engenharia Reversa, ou Inversa sobre a Direta é a minimização do Risco Tecnológico: - de antemão já se sabe o que funcionou.

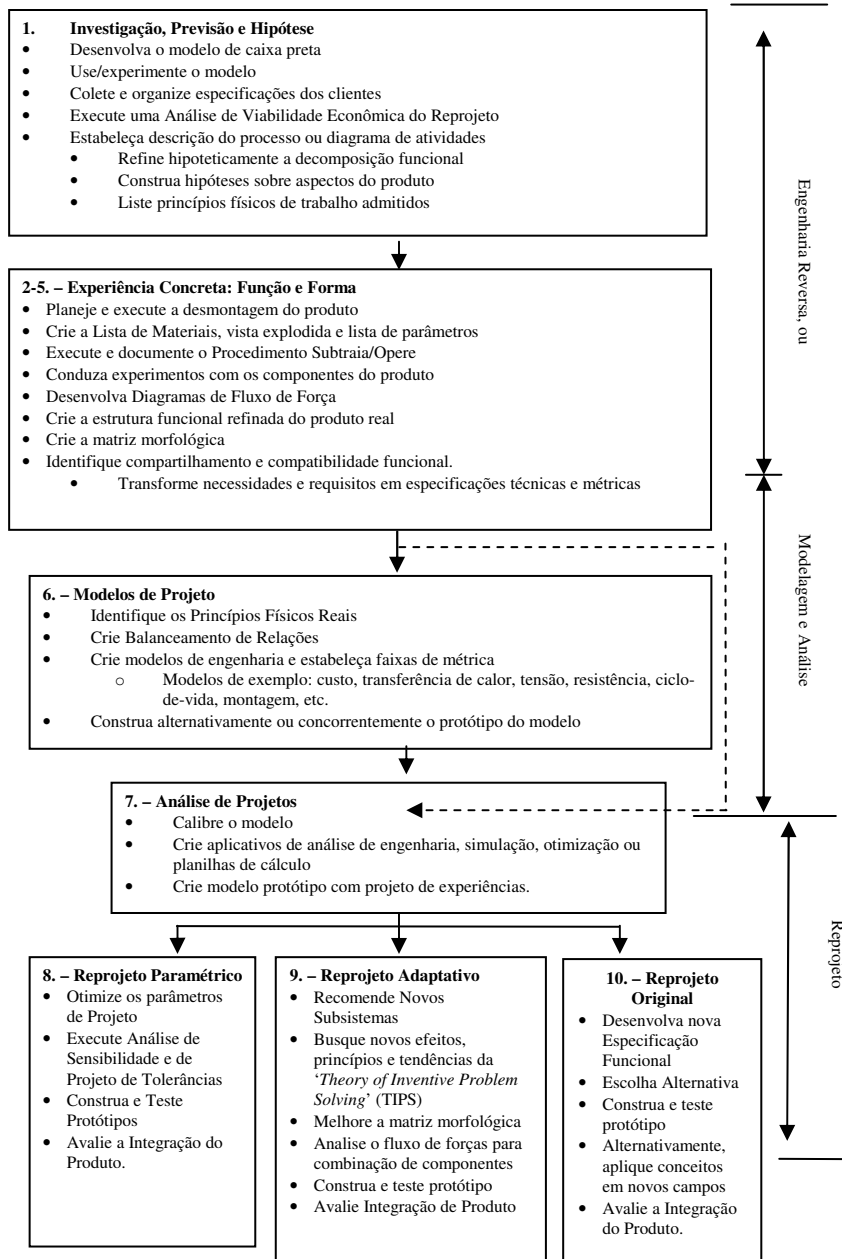
As soluções tecnológicas incorporadas pela inovação, que é o objeto da Engenharia Reversa, ou Inversa, não são nem as únicas nem, mesmo, as melhores para cada item da configuração, principalmente considerando-se o passar do tempo. Assim, ao se reverter o processo não se tem tais garantias. Sabe-se somente que a combinação das escolhas tecnológicas feitas funcionou. Se a manutenção destas soluções é uma minimização de risco e, daí, uma vantagem, a não exploração de maiores e melhores oportunidades pela incorporação de novas soluções se, por um lado, aumenta o risco tecnológico, de outro, evita que se conceba um 'Ford bigode zero quilômetro', permitindo a atualização tecnológica do objeto da Engenharia Reversa, ou Inversa, incorporando mais e maiores capacidades, com frequência contribuindo para desbancar o produto pioneiro – esta é a essência da imitação criativa.

O Ocidente chega a demonstrar um desprezo pela Engenharia Reversa, ou Inversa. O Oriente, por outro lado, despende com a sua análise e conceituação esforços consideráveis (ZHU et al, 2005) (KIM, 1997), (KIM & NELSON, 2000).

Na literatura, a maioria dos artigos sobre Engenharia Reversa, ou Inversa está centrada no segmento de informática, mais notadamente no de software. Entretanto, uma vez mais, a DRM Associates (2006), ao analisar um processo genérico de Engenharia Reversa, ou Inversa, propôs um Fluxograma 5 mostrado a seguir para o procedimento.

No caso da Engenharia Reversa, ou Inversa, as interações com o ambiente externo não se dariam somente através das janelas identificadas por Twiss (1992), mas continuamente, uma vez que se trata de reprojeter algo já em uso, com óbvias vantagens.

Fluxograma 5: Metodologia de Engenharia Reversa, ou Inversa e de Reprojeto (DRM Associates, 2006)



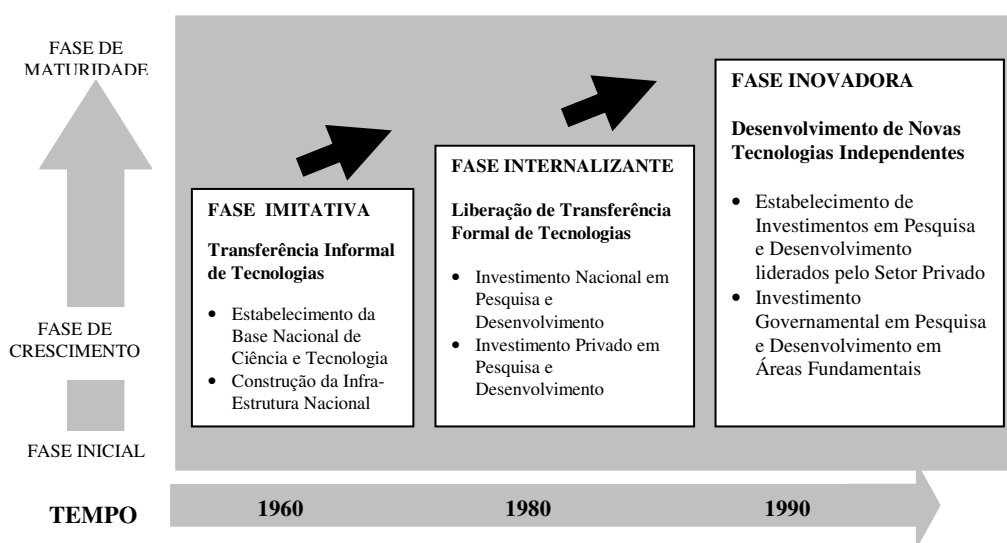
Do exame do diagrama, vê-se que este é um modelo básico, uma vez que é ainda serial, mas fornece uma boa idéia das ações envolvidas em Engenharia Reversa, ou Inversa. Sua aplicabilidade a um caso real, entretanto, requererá alterações.

É necessário adaptar algo como o Diagrama de Schmidt-Tiedemann, ou equivalente, para se ter um modelo mais real, mais atual de desenvolvimento inverso 'paralelizado'. Trata-se, portanto, de um campo de pesquisas e especulações em aberto, fértil para conjecturas.

Engenharia Reversa, ou Inversa e Imitação Criativa: Os Passos Iniciais do Aprendizado Tecnológico

Tanto o Japão, quanto a Coréia e agora a China, iniciaram seus respectivos processos de Aprendizado Tecnológico com a imitação não necessariamente criativa, com a aplicação extensiva da Engenharia Reversa, ou Inversa. Concretamente, a Coréia do Sul fornece dados sobre o seu processo de industrialização e aprendizado tecnológico. O Ministério da Ciência e Tecnologia da Coréia (2004) fornece o seguinte gráfico do Processo de Desenvolvimento da Capacidade Tecnológica Nacional.

Figura 6: O Processo de Desenvolvimento da Capacidade Tecnológica Coreana (Ministério da Ciência e Tecnologia da Coréia, 2004)



Este processo de aprendizado tecnológico mostrado a seguir foi o que garantiu ao Japão, à Coréia e atualmente à China um rumo seguro para o domínio das tecnologias que uma nação necessita para lançar-se no mercado global, com chances de triunfo.

O bom resultado da estratégia de aprendizado tecnológico da Coréia é bem traduzido pela evolução do conteúdo tecnológico de sua pauta de exportações mostrado no Quadro 7, seguinte.

Quadro 7: Evolução do Conteúdo Tecnológico dos Primeiros Dez Itens da Pauta de Exportações da Coréia do Sul. (Ministério da Ciência e Tecnologia da Coréia, 2004)

	1970	1980	1990	2000
1	Têxteis	Têxteis	Eletrônicos	Semicondutores
2	Compensados	Eletrônicos	Têxteis	Computadores
3	Perucas	Produtos Siderúrgicos	Calçados	Automóveis
4	Minério de Ferro	Calçados	Produtos Siderúrgicos	Produtos Petroquímicos
5	Eletrônicos	Navios	Navios	Navios
6	Frutas e Legumes	Fibras Sintéticas	Automóveis	Equipamentos para Telecomunicações sem fio
7	Calçados	Produtos Metalúrgicos	Produtos Químicos	Produtos Siderúrgicos
8	Tabaco	Compensados	Maquinário	Produtos Têxteis
9	Produtos Siderúrgicos	Pescados	Produtos de Plástico	Tecidos
10	Produtos Metalúrgicos	Produtos Elétricos	Containers	Aparelhos Eletrônicos Domésticos

O Brasil, por outro lado, parece não ter ainda vencido a fase das exportações de commodities, e o pior é que parece que se ufana dos resultados comerciais de sua primitiva pauta de exportações, onde pontifica o agronegócio.

Janke (2002), ao analisar o desempenho das exportações brasileiras, afirmou que não restar a menor dúvida que a pauta de exportações do Brasil é concentrada em commodities. Basta dizer que das mais de nove mil posições que formam o universo de produtos do comércio exterior brasileiro, as 100 primeiras respondem por dois terços das exportações totais, ou seja, 33 dos US\$ 50 bilhões exportados

pelo Brasil em 2000. E 63% do comércio nessas cem posições pode ser enquadrado na categoria das *commodities*, advindas principalmente dos setores agropecuário, siderúrgico e mineral.

Analisando as razões para o desempenho brasileiro nas exportações, Janke (2002) afirma que é preciso constatar que a pauta de exportações tem essa composição pelo motivo óbvio de que o País tornou-se notoriamente eficiente na produção e exportação desses produtos.

Por fim, ao tecer considerações estruturais sobre as exportações, Janke (2002) recomenda lembrar que *commodities* são, por definição, produtos padronizados e não diferenciados, nos quais o produtor não tem poder de fixar preços e cujo mercado é caracterizado pela presença de pequenas barreiras à entrada e pela facilidade de arbitragem nos mercados interno e externo.

No artigo, Janke (2002) conclui que o país deve se lançar para além de *commodities*, caminhando para os bens de maior conteúdo tecnológico, mas, claro, sem abrir mão de mercados, das posições atuais, tão arduamente conseguidas.

Coutinho (2002) fornece um panorama da evolução da pauta de exportações do Brasil.

Quadro 8: Evolução do Conteúdo Tecnológico da Pauta de Exportações do Brasil (COUTINHO, 2003)

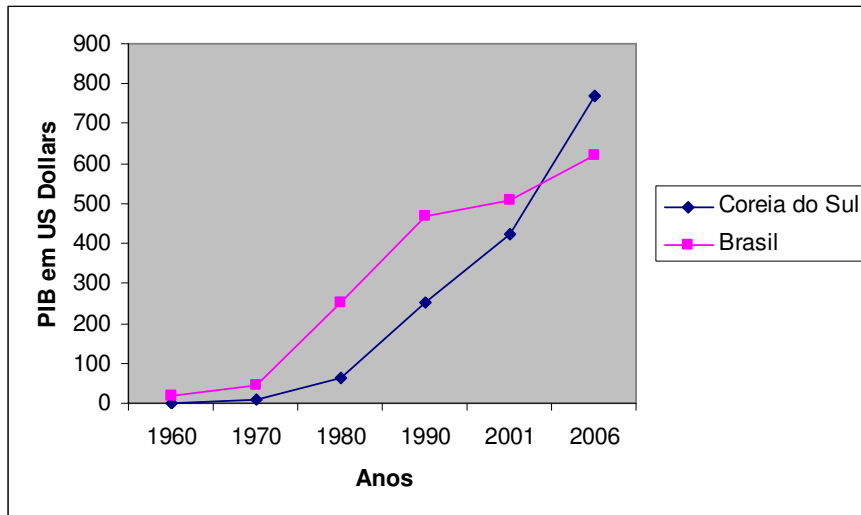
Exportações	1989	1997	2000	2001	2002
<i>Commodities</i> Primárias	42,9	44,0	38,2	40,3	40,5
Bens Intensivos em Trabalho e Recursos Naturais	11,7	12,2	12,2	11,8	11,7
Bens de Baixa Intensidade Tecnológica	14,4	9,4	8,2	7,1	7,8
Bens de Média Intensidade Tecnológica	16,6	20,3	18,7	17,8	17,3
Bens de Alta Intensidade Tecnológica	10,5	10,4	17,8	16,3	14,7
Não Classificados	03,9	3,7	4,9	6,8	8,0
Total	100	100	100	100	100

Verifica-se que não há evolução considerável no conteúdo tecnológico dos produtos brasileiros exportados. Em termos de exportações, o país encontra-se tecnologicamente estagnado, sem

conseguir evoluir para além de commodities e dos bens intensivos em mão-de-obra e recursos naturais.

O resultado desta estagnação é nitidamente visualizado quando se comparam as trajetórias das evoluções do valor do Produto Interno Bruto – PIB, medidos em dólares norte-americanos, do Brasil e da Coreia do Sul, como mostrado na Figura 9 a seguir.

Figura 9: Comparação entre a Evolução dos PIBs do Brasil e da Coreia do Sul. (MINISTÉRIO DA CIENCIA E TECNOLOGIA DA CORÉIA, 2004)



Não se trata de PIB *per capita*, mas do crescimento do PIB, medida global da produção anual de riqueza pelas duas nações. Ao se analisar o índice específico, como a população brasileira é cerca de quatro vezes maior que a sul-coreana, o PIB *per capita* da Coreia é muito superior ao do Brasil, permitindo que o nível de vida deste país asiático se ombreie com o das nações desenvolvidas.

A Imitação Criativa como uma Conseqüência Natural da Engenharia Reversa, ou Inversa

Ao se analisar a Imitação Criativa, pode-se iniciar pela Literatura: ‘*Romeu e Julieta*’, de Shakespeare (1978), dentre outras, não é mais que a recontagem de uma história mais antiga e, nem por isso fica menor, perdendo sua condição de obra-prima. Neste caso e,

logicamente em muitos outros, é forçoso se reconhecer o gênio, a contribuição do imitador. As Artes estão plenas de exemplos de imitação criativa. O que vale para a arte vale para a Tecnologia.

Em se tratando da inovação tecnológica, verifica-se que o seu estudo combina conhecimentos oriundos da Economia, Administração de Empresas, Sociologia e Engenharia.

O sociólogo e psicólogo social belga Gabriel Tarde (1895) concebeu a Sociologia como sendo baseada em pequenas interações entre os indivíduos, sendo as forças principais a imitação e a inovação. Só em 1962, Rogers (1962), resgatando as idéias de Tarde, formalizou sua Teoria da Difusão das Inovações, mais tarde lapidada por Moore (1991) na sua abordagem mercadológica da adoção das inovações. A este *main stream* da difusão da inovação devem ser adicionadas muitas outras contribuições.

No trato da tecnologia, a Imitação Criativa é reconhecida como sucessora natural da Engenharia Reversa, ou Inversa. Entretanto, ambas carecem de estudos mais aprofundados, de uma melhor teorização. Não são vistas análises detalhadas destes processos na literatura.

Kim (2000) descreve a dramática mudança ocorrida na Coréia do Sul e defende o modelo coreano de evolução tecnológica e sua aplicabilidade a outros países emergentes como o Brasil. Este país asiático, de possuidor de uma simples agricultura de subsistência, nas últimas três décadas passou a ser um feroz competidor no mercado mundial de alta tecnologia.

A Coréia do Sul repetiu a trajetória do Japão que à chegada do Comodoro Matthew Perry a Tóquio em 1854 era um estado feudal (MITARAI, 2004), em 1905, ou seja, 50 anos depois, afundou dois terços da esquadra russa do Almirante Rozhdestvenski, na Batalha de Tsushima, alcançando daí o status de potência regional (SEMENOFF, 1910) (POTTER & NIMITZ, 1960). Como citado anteriormente, o modelo coreano de inovação é análogo ao japonês e ao chinês, constituindo, então, na realidade, um modelo asiático.

Considerações Finais

De acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Automóveis, ANFAVEA (2006), a frota nacional é de 22.506.908 veículos, sendo 17.991.093 automóveis, medida em 2004. Considerando-se para o Brasil uma população de algo como 186 milhões de habitantes, fornece um índice motorização de 10,3 habitantes por veículo, considerado um valor ainda muito alto. Nos países

desenvolvidos, este número fica a o redor de dois automóveis por habitante ou, mesmo, menor. Desta forma, é razoável supor que em médio ou longo prazo, mercê de uma política social de distribuição de rendas mais efetiva, o mercado automobilístico interno possa crescer cerca de três a cinco vezes. Isto leva a crer que há um mercado potencial, neste mesmo em médio ou longo prazo, para cerca de 50 milhões de veículos a mais. Ademais, como a idade média da frota é, em torno de 7,5 anos, se mantida, haverá um mercado de cerca de 7,5 milhões de automóveis anuais, só para reposição da frota. Este é motivo da atração do capital estrangeiro no país no mercado de automóveis.

Muito mais que o uso atual, episódico, do país como plataforma de exportação, o que as multinacionais realmente querem é o mercado interno, que já é grande e crescente. E o Brasil, ao contrário da Coreia, China ou Índia, por exemplo, não possui nenhuma montadora de automóveis que possa produzir inovações e vendê-las. Desta forma, é lícito supor que as multinacionais, com fábricas instaladas no país, são importantes na solução do problema do desemprego, mas não são as soluções do problema de desenvolvimento da tecnologia e da inovação para o Brasil, uma vez que a tecnologia é trazida de suas matrizes.

O aporte de novas tecnologias de manufatura ao país aumenta o estoque local de conhecimentos e, contribui marginalmente para o incremento do conhecimento nacional no processo conhecido como *spill-over*.

Deve-se destacar que, usualmente, as empresas multinacionais de alta tecnologia não trazem o conhecimento e a capacidade de produzir a tecnologia dos produtos do seu *main stream business* para deixar residente no país. Ao contrário, reservam-nos para si, para manter suas vantagens competitivas. O que vale para a indústria automobilística vale para a informática e para a área eletroeletrônica, incluída a linha branca, com a diferença que nestes segmentos ainda há empresas nacionais sobreviventes à destruição criativa provocada pela despreparada abertura dos mercados nacionais à competição globalizada.

Pode-se afirmar que a situação de uma economia em desenvolvimento, que busca inserir-se no mercado globalizado sem os devidos cuidados, cria, desde o início, uma condição de reconhecido desequilíbrio de forças, equiparando-se à uma luta considerada justa pelo cidadão comum, não-treinado e não categorizado nas escalas da competição, por considerar que as virtudes divinas conceder-lhe-ão

força espiritual para triunfar sobre os melhores lutadores do mundo, em cada categoria.

Assim, acreditar na 'destruição criativa' (SCHUMPETER, 1985), seria supor que este cidadão comum pudesse não só vencê-los, mas sobreviver aos golpes simultâneos de todos os campeões na liça e assimilá-los, de modo a poder continuar lutando, o que é visivelmente um absurdo. Em suma, para se afirmar o mínimo, esta abordagem é extremamente temerária, há abundantes exemplos de que resultara em colapso de setores inteiros da economia, como o caso dos eletroeletrônicos dos Estados Unidos da América - EUA - ou dos equipamentos de medição tchecos. Entretanto, quando esta destruição criativa vira uma ameaça estratégica séria à economia de nações industrializadas defensoras intransigentes do livre comércio, da livre competição, simplesmente esquecem o discurso neoliberal e protegem suas empresas, como no caso da Lockheed ou da Chrysler e todo o setor siderúrgico nos EUA, Renault, Peugeot ou Citroën na França, Rolls-Royce (aviação) no Reino Unido, FIAT na Itália e mais recentemente o *chaebol* sul-coreano Hyundai no Oriente. Esta política protecionista de socializar perdas de empresas salvando-as não é geral, mas está presente, distorcendo o cenário competitivo empresarial, principalmente em setores-chave da economia. Desta forma, reconhecendo que, na maioria dos casos, *free market is not fair market* (mercado livre não é, necessariamente, mercado justo), antes de abrir um seu segmento de mercado à competição internacional, uma nação emergente como o Brasil deveria dar condições ao mesmo para que lute com boas possibilidades de sucesso. Isto implicaria em além de se aplicar as cabíveis proteções ao segmento, obter atalhos para o correspondente *take-off*. Neste sentido, a Engenharia Reversa, ou Inversa conjugada com a Imitação Criativa são valiosas ferramentas para atingir os objetivos rápida e confiavelmente e, eventualmente possibilitar que, se lhe for inevitável, mercê de constrangimentos internacionais, o Brasil entre na liça da Destruição Criativa com algumas chances de triunfo.

Por outro lado, apostar na transferência de tecnologia Pesquisa e Desenvolvimento, pagar para que alguém desenvolva a tecnologia de que se precisa e lha ensine, é como admitir que alguém possa pretender entrar em forma física pagando para que outro execute os exercícios de que necessita.

Assim, Engenharia Reversa, ou Inversa, combinada com a imitação criativa é, então, a etapa inicial, praticamente indispensável, do modelo de aprendizado científico-tecnológico atual mais efetivo,

mais rápido, que repetidamente tem fornecido os melhores resultados, vindo desde o Japão de 1854-1905, passando pela Coréia do Sul de 1970-2000 e chegando ao atual processo de crescimento chinês. Entretanto, não é só aplicável a um processo do tipo 'alfabetização tecnológica', partindo do zero, ou muito do início, é também uma poderosa ferramenta para atualização tecnológica. Assim, o Brasil, uma nação com um nível médio no cenário tecnológico, apesar dos seus nichos 'high tech', ao não considerar a Engenharia Reversa, ou Inversa e a Imitação Criativa como integrante dos processos legítimos de inovação e, daí, oficialmente patrociná-los, especialmente nas áreas das tecnologias ditas críticas, perde um rápido e seguro caminho para atingir o 'Estado da Arte' em diversos setores.

Por último, mas não menos importante, tem-se o fato de que normalmente quando se empreende um processo de Engenharia Reversa, ou Inversa e Imitação Criativa, já se sabe que há necessidade, aplicação, isto é, mercado e, sobretudo, quais as características deste mercado. Em outras palavras, é a Tração de Mercado que deflagra o processo. Desta forma além da redução da incerteza tecnologia, a mercadológica também fica reduzida.

Referências

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA, 'Anuário Estatístico de 2005'. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/Index.html>> Acesso em 20 abr 2006.

CIA - CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY – 'CIA World Factbook'. Disponível em: <<https://www.cia.gov/cia/publications/factbook/>> Acesso em 20 jan 2007.

COUTINHO, L., Mecanismos de Integração das Políticas Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, em apoio à Estratégia de Investimento para Exportar., *in* XV Fórum Nacional – O Novo Governo, Novas Prioridades e Crescimento Sustentado, Rio de Janeiro, maio 2003.

DRM ASSOCIATES – **What is Reverse Engineering?** Disponível em: <<http://www.npd-solutions.com/reoverview.html>> Acesso em 19 mar 2006.

JANKE, M.S. Problemas e Soluções da Pauta de Exportações. **O Estado de São Paulo** 21 maio 2002, p. A2.

KIM, L. **Da Imitação á Inovação: A Dinâmica do Aprendizado Tecnológico da Coréia Campinas: Unicamp 2005.** Edição do original estadunidense, 1997.

KIM, L. & NELSON, R. **Tecnologia, Aprendizado e Inovação: As Experiências das Economias de Industrialização Recente.** Campinas: Unicamp, 2005. Edição do original estadunidense, 2000

MINISTRY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, **Republic of Korea, S&T Policy in Korea, 2004,** Disponível em: <<http://211.62.87.100/upload/issue/josa/%B0FA%C7%D0%B1%FA%C1%A4%C3%A5%BF%EB%C8%AB%C5%C3.pdf>> Acesso em abr 2006

MITARAI, S., An Exploration of the History of Cross-cultural Negotiation: The First U.S.-Japan Trade Negotiation before Commodore Perry's Arrival. Conference Paper, **The International Association for Conflict Management.** 17th Annual Conference, Pittsburgh, PA, EUA, June 6-9, 2004.

MOORE, G. **Crossing the Chasm.** Harper Business, 1999.

OPEN DOORS **Report on International Educational Exchange.** Disponível em: <<http://opendoors.iienetwork.org>> Acesso em 26 abr 2007.

POTTER, E.B. & NIMITZ, C.W. **Sea Power – A Naval History,** USA:Prentice-Hall, 1960.

RAPOZA, J. What is Reverse Engineering? **Enterprise News & Reviews** 5 de setembro de 2005 Disponível em: <<http://www.eweek.com/article2/0,1895,1853996,00.asp>> Acesso em 19 mar 2006.

ROGERS, E. **Diffusion of Innovations** 4 ed. Free Press, 1995.

SCHMIDT-TIEDEMANN, K.J. A New Model of the Innovation Process. **Research Management.** March 1982, pp. 18-21.

SCHUMPETER, J.A. **Teoria do Desenvolvimento Econômico.** São Paulo: Nova Cultural, 1985.

SEMENOFF, V., **The Price of Blood. The Sequel to ‘Rasplata’ and ‘The Battle of Tsushima’.** John Murray, 1910

SHAKESPEARE, W. **Romeu e Julieta. Macbeth. Hamlet, Príncipe da Dinamarca. Otelo, o Mouro de Veneza.** São Paulo: Abril, 1978

SINGH, V. K. **Patents: a Tool for Technological Intelligence**. Ezine Articles. Disponível em: < <http://ezinearticles.com> > Acesso em 17 mar 2006.

SITE DOS ÍNDICES. Disponível em: < <http://www.ai.com.br/pessoal/indices/INDICE.HTM> >. Acesso em 20 abr 2006.

TARDE, G. **Les Lois de l'Imitation**. France : Kimé, 1993 .Reimpressão do texto da 2ª edição de 1895. Disponível em: < http://classiques.uqac.ca/classiques/tarde_gabriel/lois_imitation > Acesso em 12 abr 2006.

TWISS, B. **Managing Technological Innovation**. 4. ed. USA: Prentice-Hall, 1997.

ZHU, J., LIANG, X. & XU, Q. **The Cause of Secondary Innovation Dilemma in Chinese Enterprises and Solutions**. Proceedings of the 2005 IEEE International Engineering Conference' Vol. 1, - pp 297-301 – 2005.