

ENGENHARIA REVERSA: uma porta ainda aberta

Adriano Batista Dias, PhD

abdias@fundaj.gov.br / R. St. Elias, 260/1502, 52020-090 Recife
Fundação Joaquim Nabuco - FUNDAJ, Av. 17 de agosto, 2187, 52061-540 Recife

Abstract

Reverse Engineering is a not well known concept, most of time confused with simple copying. This paper aims at clearing important points of Reverse Engineering processes, first point a large different set of applications. Technical specificity's are presented. Favorable and adverse aspects are presented being the readers noticed that those points are variable case to case.

Reverse Engineering

Imitation

Technology Diffusion

1. Introdução

O atual processo de globalização torna crucial a obtenção e manutenção da competitividade de empresas e nações, enquanto acelera os processos de mudança tecnológica. A literatura sobre competitividade, no que tange a avanço tecnológico enfatiza a importância da invenção, da inovação e dos novos conhecimentos científicos para êxito econômico nas ações de desenvolvimento tecnológico, motor do desenvolvimento. Deixa sem o devido destaque a imitação que, segundo a lógica schumpeteriana, não só desempenha papel importante na difusão de novas tecnologias, como no próprio progresso tecnológico, ao pressionar os líderes a prosseguir abrindo caminhos inteiramente novos. Focando a questão da Engenharia Reversa - ER, o trabalho a situa como um importante caminho para a difusão tecnológica pela via da imitação.

Engenharia Reversa é um conceito praticamente banido da linguagem técnica formal. Confundido com pirataria, é excluído, juntamente com a imitação, dos conteúdos didáticos e das considerações sobre o desenvolvimento tecnológico e o financiamento para os respectivos investimentos.

Este trabalho visa a esclarecer pontos importantes do esquecido processo de ER. A obtenção de parâmetros de produtos de referência representa ações de natureza técnica diferentes das usualmente previstas nos processos de desenvolvimento tecnológico que partem diretamente de idéias e invenções, conferindo ao processo a necessidade de atenção a conhecimentos específicos. Aspectos da especificidade dos processos de ER são abordados na Seção 2, referindo-se a aspectos técnicos, a debates sobre a área de pesquisa e desenvolvimento tecnológico de uma empresa e registrando que, diferentemente do padrão de conhecimentos exigidos em outros trabalhos de natureza tecnológica, amplo espaço deve ser necessariamente conferido ao conhecimento jurídico.

Referindo-se a aspectos vantajosos e desvantajosos da adoção de um processo de ER, face a outras opções, como alternativa ou complemento, a Seção 3 analisa variáveis

importantes para a análise de benefícios e custos de alternativas de desenvolvimento tecnológico, expondo situações francamente favoráveis à opção da adoção de processo de ER como instrumento de desenvolvimento de produtos para empresas de países periféricos.

A necessidade de conhecimento sobre ER por parte de engenheiros, para participação em ações de desenvolvimento tecnológico empregando toda a gama de opções disponível, é comentada na Seção 4, onde são dispostas as conclusões.

2. Conceito e usos

Engenharia Reversa comporta uma larga diversidade de definições, em parte, devido a diferentes empregos, em parte, devido a diferentes processos adotados. Não há uma definição consensual do que seja ER. Mas as definições, variadas que sejam, comportam a observação de pelo menos duas etapas. Uma primeira se constitui na obtenção de informação que caracteriza e especifica o objeto da ação de ER, identificando seus componentes e seu padrão de inter-relacionamento. Na segunda, o objeto é representado em outra forma ou com um mais elevado nível de abstração. É uma atividade que não altera o objeto da ação. É um processo, como norma, não destrutivo, um processo de exame, não de modificação do objeto do exame.

Nas aplicações de engenharia eletro-mecânica e civil, a ER assume, em geral, a tarefa de documentar algum produto ou objeto já existente através, usualmente, de desenhos técnicos. Estende-se ainda, a outras tarefas complementarmente necessárias a replicar a forma e a função de objetos ou componentes existentes.

Reparo e manutenção de equipamentos desprovidos, por alguma razão, de esquemas e documentação técnica podem ser beneficiados com trabalhos de ER. Tal situação pode decorrer do fabricante ter deixado de dar manutenção ao produto, até mesmo por ter encerrado suas atividades.

Modernização de produtos, seja relativa a equipamentos ou a construções civis, requer representação dos objetos apresentando-os através de informação na forma de desenhos técnicos, seja em papel, seja em CAD, para que os melhoramentos possam ser definidos com propriedade. Neste sentido, cabe observar o registro dos poucos ofertantes de serviços de ER através da *internet* de que, surpreendentemente, para grande parte dos objetos e estruturas passíveis de ações de melhoramentos não há disponibilidade dos desenhos técnicos. Note-se que o CAD, embora um recente fenômeno, vai assumindo o papel do meio de desenho hegemônico nas atividades industriais, para o que concorre a facilidade de gerar e modificar modelos de sólidos e superfícies de literalmente qualquer nível de complexidade. Esta facilidade faz do CAD um poderoso novo instrumento, favorecendo aplicações de ER que envolvem modificações do produto ou objeto de referência. A extensão ou reinício do ciclo de vida de um produto com investimento adicional, através do desenvolvimento de uma nova versão (Porter, 1994), pode contar com o uso de técnicas de ER.

Observando a taxinomia de Freeman (1982), as empresas líderes, adotantes de estratégias tecnológicas ofensivas, necessitam continuamente (e cada vez mais, com a aceleração das mudanças tecnológicas trazidas pela globalização) de amplo apoio em novos conhecimentos advindos de pesquisas básicas para o desenvolvimento de novos produtos. Por outro lado, as que recebem a classificação de defensivas, muito mais extensas em número, mesmo nos países centrais e mais ainda nos periféricos, são exemplos de empresas

vocacionadas para a ER, ao que se adicionam outras classes menos ativas em desenvolvimento tecnológico.

3. Especificidades do Processo de Engenharia Reversa

A completa especificação de um produto de referência e as informações registradas na sua patente, quando existente, constituem insumo fundamental para o processo de especificação do novo produto nele baseado. A especificação de um novo produto num processo de ER contém todos os tipos de atividades necessárias de serem desenvolvidas quando da especificação de produtos por parte do inovador do produto de referência. Más há importantes mudanças de peso relativo na participação dos tipos de atividade e há a indispensável inclusão de conhecimento jurídico relativo à área de patentes e propriedade industrial como ingrediente participante do processo de especificação do produto a ser desenvolvido (Carvalho, 1995).

A especificação do novo produto tem como importante tarefa a rigorosa e a mais completa possível especificação do produto de referência. Tal tarefa resulta num processo dirigido a desvendar informações não disponíveis para o público, quer nas patentes, quer em manuais fornecidos aos compradores, quer como informações suplementares fornecidas pelos serviços de atendimento aos consumidores.

O processo de ER requer a extração de informação sobre uma instância de uma parte ou componente de um produto ou sistema suficiente para replicar a parte ou componente empregando técnicas adequadas de fabricação. O objeto é cuidadosamente medido segundo métodos de mensuração adequados às suas características, entre as quais se destaca seu tamanho; e os requerimentos de tolerância e os dados são usados para a elaboração do desenho técnico ou para alimentar aplicativos CAD, em 2D ou 3D. Pequenas dimensões podem ser medidas por convencionais paquímetros, grandes estruturas podem ser melhor mensuradas com teodolitos a laser. Opcionalmente, equipamentos de 3D *laser scanner* podem ser empregados para capturar a geometria de um componente ou objeto de forma completa e com grande precisão, alimentando diretamente um programa CAM ou formando um modelo de sólido em aplicações CAD.

Especificamente nos processos de ER de partes mecânicas, técnicas de “computer vision” aplicadas a dados tridimensionais obtidos com o uso de instrumentos de leitura “non-contact” têm grande potencial de uso. Ressalta-se, porém, que sérios desafios devem ser encontrados tão maior seja a precisão requerida por conta dos dados obtidos por sensores.

As análises, para cada componente dos seus materiais constitutivos, bem como a correspondente análise metrológica, revelam dados freqüentemente de apenas uma unidade do produto de referência. Muitas vezes, pesquisas de natureza química têm de ser realizadas. O conhecimento obtido sobre a constituição do produto de referência não revela, todavia, as margens de tolerância adotadas para cada especificação, um dado de importância fundamental na qualificação do produto de referência. As tolerâncias têm de ser inferidas a partir de analogias, bem como obtidas através de experimentação. Freqüentemente, tornam-se necessários testes para determinação de parâmetros operacionais como parte da tarefa inicial de especificação do produto de referência.

A elaboração do projeto do processo produtivo, por seu turno, conta com a mesma complexidade em termos de elementos componentes do processo e , conseqüentemente, do

conjunto de conhecimentos necessários para o desempenho da tarefa. Note-se que não se trata de desenhar um produto apenas substitutivo de um já existente. É uma oportunidade de, aproveitando o conhecimento já acumulado com o uso do produto, por conta de seus usuários, aproveitando a expansão do conhecimento tecnológico em geral e, também, em algumas circunstâncias, do conhecimento científico, desenhar um novo produto, um substitutivo superior (em certo aspecto relevante) ao produto de referência. Por outro lado, se o produto da ER se destina a um mercado particular, um mercado nacional ou regional (o mercado brasileiro ou do MERCOSUL, por exemplo), abre-se espaço para adequações, mesmo que realizadas no mesmo marco e dentro dos mesmos limites de conhecimento tecnológico e científico que o utilizado para o desenvolvimento do produto de referência.

As modificações consistentes em aperfeiçoamentos ao produto e, mesmo, a simples adequação requerem atividades de pesquisa e desenvolvimento. Os processos de ER são mais demandantes de conhecimento que a simples assimilação de tecnologia comprada e hoje é perfeitamente compreendido que até a simples assimilação de qualquer tecnologia sofisticada requer alguma autonomia para realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento, mesmo se estas atividades forem de natureza adaptativa (Pretnar, 1990).

Projetos de ER envolvem, desde sua concepção, uma larga interface com a jurisprudência e outros conhecimentos da área jurídica, no intuito de garantir que o produto resultante seja o suficientemente próximo do produto que serve de referência para maximizar o aproveitamento do mercado já aberto, mantendo-se suficientemente diferente, pelos melhoramentos, adequação e otimização, de forma a evitar condenação do produtor. O conhecimento jurídico da efetiva proteção legal a cada produto candidato a processo de ER, das implicações econômicas no caso de condenação por violação deve, na ER, participar conjugadamente com o conhecimento técnico na análise do curso das ações a serem desenvolvidas e das alternativas de especificação do novo produto, visando a evitar a exposição do adotante do processo de ER a penas legais. Este é o motivo porque os japoneses, os quais devem à firme adoção generalizada da ER significativa parte do grande impulso industrial anterior à Segunda Guerra Mundial e do magnífico impulso posterior a ela, principalmente até meados da década de sessenta (Sicsú e outros, 1989), “tem-se preocupado em conhecer exaustivamente a legislação mundial sobre propriedade industrial, para obter vantagens no aproveitamento das marcas e patentes internacionais” (ibid, p.42).

4. Vantagens e desvantagens

A adoção do caminho da ER como estratégia tecnológica em relação a um determinado novo produto de uma empresa, dados as especificidades do processo, deve ser objeto de correta e prudente avaliação onde vantagens e desvantagens sejam corretamente apropriadas como custos e benefícios. A ação de projetar um produto novo para uma empresa, tendo como ponto de partida um produto de referência, representa um atalho, uma ação freqüentemente de custos de desenvolvimento tecnológico e de riscos tecnológicos substancialmente mais baixos do que na alternativa de não uso da informação que pode ser propiciada pela análise de um produto de referência. A ER diminui, em geral, os custos de pesquisa e desenvolvimento. Ademais, e não menos importante, altera substancialmente a composição destes custos. Torna menor a probabilidade de necessidade de pesquisa básica e, mesmo quando necessária, provavelmente menor é o seu custo, assim como de menor risco. Diminui o número de trilhas alternativas a serem seguidas na solução de problemas a serem resolvidos no curso do processo de desenvolvimento.

A pesquisa tecnológica tem riscos, de natureza determinada pela limitação do conhecimento humano, suficientes para tornar o produto da pesquisa, e logo a produtividade dos fatores nela empregados, uma variável aleatória cuja distribuição não se pode aprioristicamente conhecer para cada pesquisa, caracterizando-se uma situação de incerteza (Knight, 1971), irremovivelmente associada ao novo (Georgescu-Roegen, 1982). Em verdade, os pesos da incerteza e do risco de natureza tecnológica que cercam um projeto de um inteiramente novo produto mudam sua composição, reduzindo-se ambos, mas reduzindo-se principalmente a incerteza, pela menor intensidade do “novo” que caracteriza o produto da ER. Desloca-se, também, a ordenação das fontes de risco. Tratando-se indiferenciadamente risco e incerteza, como o faz grande parte dos autores na área de desenvolvimento tecnológico, pode-se dizer que, num processo de ER, tipicamente menor é o risco tecnológico e também menor é, em geral, o risco de mercado. Substancialmente mais elevado, porém, é o risco legal.

A assimetria entre ofertante e demandante num processo de aquisição de tecnologia é aspecto relacionado a custo da aquisição por parte do comprador, conduzindo à necessidade de desenvolvimento de pesquisa tecnológica em países periféricos. A extensão da assimetria é função decrescente do grau de domínio do demandante sobre variáveis como o conhecimento da base científica em que se apóia a tecnologia e o domínio tecnológico de processos produtivos de mesma base científica que a da tecnologia em consideração para aquisição. Quanto mais extensa a assimetria, tanto maior a potencial vantagem auferida na transação por parte da empresa do país central ofertante. Cabe observar que elemento importante na formação da assimetria entre empresas de diferentes sistemas econômicos que transacionam uma determinada tecnologia é a assimetria entre os capitais no que diz respeito não só aos respectivos tamanhos, mas a outros elementos que trazem influência na situação de cada um quanto à posição em processo de barganha. As relações de poder, exercidas pela oferta, em situações que envolvem transação de tecnologia, ora são relações de simples influência, ora atingem o extremo do domínio estratégico, permeiam as relações entre ofertantes e demandantes, pontecendo densamente o tecido de relações interindustriais. Na verdade, a diferença de poder entre unidades de capital de origem nacional e unidades de capital de origem estrangeira, numa mesma empresa de país periférico, é tão grande que leva análises a considerar como estrangeira uma empresa em que 10% das ações pertençam a não residentes, quando numa situação de simetria exigir-se-ia pelo menos 50% das ações pertencerem a estrangeiros não residentes (Willmore, 1986). A assimetria, ao aumentar os custos da aquisição, aumenta a margem favorável à adoção da opção da ER.

Outro elemento de incerteza relacionado à pesquisa diz respeito a questões de mercado, à rentabilidade resultante da aplicação do resultado da ação de pesquisa e desenvolvimento tecnológicos. É gerada por fatores e causas inteiramente diferentes da incerteza anterior, tecnológica, e que, *a priori*, não guardam relação com os recursos e insumos usados para a pesquisa. A rentabilidade máxima pode, acertadamente, ser aproximada pelo prognóstico mais favorável ao mercado do produto. É praticamente nula, enfim, a chance de obtenção de rentabilidade acima das previsões otimistas. A rentabilidade mínima, entretanto, pode vir a ser substancialmente menor que o menor nível de rentabilidade prospectiva atrativo ao investimento, o qual é um limite inferior a que a rentabilidade prospectiva deve continuamente satisfazer para que haja, até a sua conclusão, a continuidade da ação de pesquisa e desenvolvimento. Com frequência significativa, a rentabilidade efetivamente alcançada é inferior à rentabilidade prospectiva mínima e, com frequência também significativa, chega a rentabilidade efetivamente alcançada a assumir valores negativos. Desenvolvimentos de tecnologias consideradas “adequadas”

pelos seus criadores, por exemplo, mas não aprovadas pelo mercado, enchem prateleiras de muitos centros de pesquisa financiados por governos de países periféricos, proporcionando, em si mesmo, material para um interessante estudo (Silva e outros, 1980).

O risco de mercado é certamente menor quando o produto de referência já tem testado os valores dos componentes do seu vetor de especificação e, mais importante ainda, tem sua economicidade testada, embora em condições distintas do produto, a partir dele desenvolvido. A variabilidade de retorno por patente é maior que a variabilidade do valor dos recursos e insumos empregados por patente registrada (Comanor e Scherer, 1969). Na ER, os valores tipicamente mais reduzidos dos recursos e insumos empregados para o desenvolvimento do produto estão, também tipicamente, associados a retornos de menor discrepância entre os valores projetados e os posteriormente observados, pois dizem respeito a mercados “provados”. Embora a economicidade provada em condições econômicas diferidas e para um produto substitutivo, portanto diferenciado, não garanta o êxito do produto desenvolvido através da prática da ER, o torna um risco menor (Ayres, 1987, p.37).

Cabe observar que as vantagens para a adoção do processo de ER apresentam a mais profunda variação entre diferentes áreas de atividade e caso a caso. A alta tecnologia, por exemplo, traz novidades relativamente a certa restrição no caminho do desenvolvimento imitativo e até no próprio desenvolvimento econômico baseado em transferência de tecnologia por via de aquisição. E dentro deste segmento do conjunto de atividades produtivas, a biotecnologia apresenta, pelas características de seu objeto, menor margem para imitações de baixo custo que na área industrial (Dias, 1995), fato agravado pelo alargamento do conceito de patente para abrigar desenvolvimentos de mutações genéticas. De uma maneira geral, a dificuldade de imitação é grandemente variada entre diferentes produtos e processos produtivos, tendendo, todavia, a aumentar tão mais baseada em conhecimento científico seja uma tecnologia.

Na verdade, em geral, tão mais próximo do produto de referência for o produto sendo projetado, tão maior seu mercado, recebendo a influência positiva do efeito de extravasamento do esforço de expansão do mercado desenvolvido pelo produtor do produto de referência. Na realidade há, em geral, no vetor de especificações do novo produto, a desejável proximidade para com o produto de referência, sempre limitada pelo amparo legal ao produto de referência, aplicável a cada componente do vetor, sendo todavia diferente entre os componentes a sensibilidade do efeito provocado pela diferença entre as especificações. A especificação do produto é, portanto, um procedimento que envolve conhecimento interdisciplinar, incluindo, necessariamente, de forma crítica, o conhecimento jurídico relativo às proteções legais que abrigam o produto de referência.

A adoção de processo de ER pressupõe que os benefícios para o adotante, ponderados face aos custos, são maiores que análoga ponderação relativa à opção de compra do direito de uso da patente. Não se trata de diferença restrita aos custos, contrastando-se simplesmente o custo do processo de ER com o custo de aquisição da tecnologia. A fatia do mercado a ser suprida pelo produtor difere entre as duas opções e, conseqüentemente, diferem os benefícios, inclusive por conta de diferentes custos de propaganda. Na opção de compra da tecnologia as barreiras para a entrada num determinado segmento do mercado, subentendido ou explicitado como parte da compra da tecnologia estão na sua maioria convertidas em custo financeiro. Na opção de adoção do processo de ER as barreiras à entrada têm de ser vencidas através de dispêndios financeiros acompanhados de ações de diversas naturezas. São situações carregadas com diferentes níveis de risco, o risco menor, associado à opção de aquisição de tecnologia sendo

acompanhado de tendência à manutenção de dependência tecnológica e, como tal, de prospecto de menor crescimento.

As economias de experiência (*learning effect*) tendem a beneficiar inicialmente a opção de compra de tecnologia, no caso de uso de marca do patenteador, pois a cessão de parte do seu mercado é, em geral, associada a maior volume de vendas de um licenciado que no caso de uso de ER, quando um segmento do mercado tem de ser independentemente conquistado e desenvolvido pelo ofertante.

A variável tempo desempenha um papel de suprema importância na ponderação da opção tecnológica. O hiato temporal entre a decisão de introduzir mudança tecnológica, por parte de uma empresa, e a efetiva mudança é substancialmente menor para aquisições que para geração de tecnologia. Este substancialmente menor hiato pode, em muitas situações, se tornar um elemento fundamental quando se observa que a adoção de mudanças tecnológicas é um ato de estratégia competitiva entre empresas. Mesmo arquitetadas segundo parâmetros estruturais, estas mudanças tecnológicas se dão em meio a táticas conjunturais, e é no espaço das táticas conjunturais, aproveitando situações transitoriamente favoráveis que muitos segmentos de mercados são ganhos ou perdidos por uma empresa. A variável hiato temporal é um componente desfavorável à ER, em avaliações de alternativas de caminhos tecnológicos, face à aquisição do direito de uso de patente e à assistência técnica.

5. Conclusão

O resultado final de um processo de ER, respeitando plenamente o mais importante instrumento dos governos para balancear a eficiência estática com a eficiência dinâmica, o direito de patente, é o enriquecimento de alternativas à disposição dos consumidores ou usuários, um aumento na amplitude da diversidade da diferenciação disponível no mercado o que, por si só, pode representar um benefício do ponto de vista coletivo. Parte significativa dos processos de ER resulta em produtos diferenciados no sentido de serem mais adequados a condições específicas de determinados mercados nacionais ou regionais, representando, para estes segmentos do mercado mundial, um benefício maior que o decorrente do aumento da diversidade propriamente dita.

A adaptação e complementação de tecnologias importadas, dentro de uma política de importação de tecnologia, é uma vertente de estratégia tecnológica que se soma a outra, o desenvolvimento imitativo, via ER, seguindo o caminho de minimização de riscos. Redescobrir o caminho traçado por outros, explorando as margens que separam o que está do que não está protegido por patentes, é uma tarefa nada simples, que consome grande parte dos recursos destinados a desenvolvimento tecnológico nos próprios países centrais. Muitas empresas em países periféricos de capital de origem nacional têm porte e condições para adotarem, com vantagem, processos de mudanças tecnológicas pela via da ER.

Considerações de ordem econômica aconselham análise para verificação das margens para adaptação da tecnologia transferida, assim como aconselham uma rigorosa seleção do que transferir, avaliando a opção de emprego dos métodos de ER, combinado com e também face à alternativa de aquisição. Para o bom desempenho das ações relativas à avaliação prospectiva das alternativas e das ações de desenvolvimento tecnológico e respectiva implementação, o conhecimento do conceito de ER e o domínio das técnicas a ela relacionadas deve compor o quadro de conhecimentos das modalidades de engenharia relacionadas à pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

Referências Bibliográficas

- AYRES, Robert U. (1987). “Proteção tecnológica e pirataria”. **Economic Impact**, nº 57, jul.set.
- BARRETO, Aldo de Albuquerque (1992). **Informação e Transferência de Tecnologia: mecanismos e absorção de novas tecnologias**. Brasília: IBICT.
- CARVALHO, Nuno T. P. (1995). “Engenharia reversa faria sistema de patentes mais competitivo”. **Panorama da Tecnologia**. 5(13):38-43, fev.
- COMANOR, William S. e F. M. SCHERER (1969). “Patent statistics as a measure of technical change”. **Journal of Political Economy**, 77(3):392-398, mai.-jun.
- DIAS, Adriano Batista (1996). **Alta Tecnologia, Reflexos, Reflexões**. Recife: Editora Massangana.
- FREEMAN, Christofer (1982). **The Economics of Industrial Innovation**. 2a.ed. Cambridge: The MIT Press.
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas (1982). “Alguns problemas de orientação em economia - Parte I”. **Edições Multiplic**, 1(4):201-297, jun..
- KNIGHT, Frank. **Risk, Uncertainty and Profit** (1971). Chicago: The University of Chicago Press.
- PORTER, Michael (1994). **Estratégia Competitiva**. Editora Campos: Rio de Janeiro
- PRETNAR, B. (1990). “Patent applications as information source for managing exports in less developed countries.” **World Patent Information**, 12(4): 216- 221
- SICSÚ, Abraham Benzaquen e outros (1989). “Política científica e tecnológica no Japão”. Em: Abraham Benzaquen SICSÚ e outros, Orgs., **Política Científica e Tecnológica: no Japão, Coréia do Sul e Israel**. Rio de Janeiro: CETEM / CNPq.
- SILVA, Gabriel L.S. P., e outros (1980), “Investimentos na geração e difusão de tecnologia agrícola no Brasil”. **Revista de Economia Rural**, 18(2), abr.-jun.
- WILLMORE, Larry (1986). “Determinants of market structure: a brazilian case study”. Em: **VIII Encontro Brasileiro de Econometria, Brasília, 9 a 11 de dezembro de 1986**. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Econometria - SBE, Vol. 2. (Anais)