



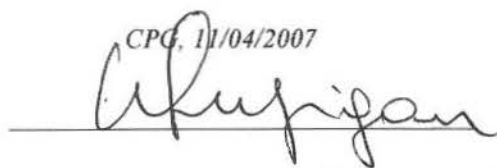
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Instituto de Economia

DINÂMICA COCORRENCIAL E INOVATIVA NAS ATIVIDADES DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO (TI)

Antonio Carlos Diegues Júnior

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Economia da UNICAMP para
obtenção do título de Mestre em Ciências
Econômicas, sob a orientação do Prof.
Dr. Wilson Suzigan.

*Este exemplar corresponde ao original da
dissertação defendido por Antonio Carlos
Diegues Júnior em 11/04/2007 e orientado
pelo Prof. Dr. Wilson Suzigan.*

CPC, 11/04/2007

Campinas, 2007

UNIDADE 13C
Nº CHAMADA: D563d
T/UNICAMP
V. _____ EX. _____
TOMBO BCCL 75024
PROC 16.145.07
C _____ D 2
PREÇO 11,00
DATA 14.11.07
BIB-ID 425704

**Ficha catalográfica elaborada pela biblioteca
do Instituto de Economia/UNICAMP**

D563d Diegues Junior, Antonio Carlos.
Dinamica concorrencial e inovativa nas atividades de tecnologia de informação (TI) / Antonio Carlos Diegues Junior. – Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador : Wilson Suzigan.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia.

1. Tecnologia da informação. 2. Inovações tecnologicas. 3. Tecnologia e Estado. 4. Computadores - Industria. I. Suzigan, Wilson. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia. III. Titulo.

07-21-BIE

Título em Inglês: Competitive and innovative dynamics in information technology (IT) activities
Keywords: Information technology ; Technological innovations ; Technology and state ; Computer industry

Area de Concentração : -----

Titulação: Mestre em Ciencias Economicas

Banca examinadora: Prof. Dr. Wilson Suzigan

Prof. Dr. Paulo Sergio Fracalanza

Prof. Dr. Jose Eduardo de Salles Roselino Junior

Data da defesa: 11-04-2007

Programa de Pós-Graduação: Ciencias Economicas

Dissertação de Mestrado

Aluno: ANTONIO CARLOS DIEGUES JÚNIOR

**"Dinâmica Concorrencial e Inovativa nas Atividades
de Tecnologia de Informação (TI)"**

Defendida em 11 / 04 / 2007

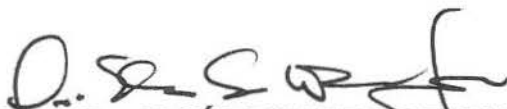
COMISSÃO JULGADORA



Prof. Dr. WILSON SUZIGAN
Orientador – IE / UNICAMP



Prof. Dr. PAULO SÉRGIO FRACALANZA
IE / UNICAMP



Prof. Dr. JOSÉ EDUARDO DE SALLES ROSELINO JÚNIOR
Centro Universitário Salesiano de São Paulo – Americana/SP

*Aos meus três eternos amores, Regina, Toninho e Ana Cláudia.
Com humildade, ao povo brasileiro, que há anos sustenta minha formação.*

Agradecimento

A Deus Pai Todo Poderoso, a Nossa Senhora Aparecida e a Nossa Senhora da Rosa Mística pela força inesgotável e pelas incontáveis e sucessivas bênçãos.

A meus pais e a minha irmã, por todo apoio, dedicação, carinho e amor, em todos os momentos.

Ao Professor Suzigan, mestre de todas as horas, incansável em sua jornada rumo ao conhecimento, em quem muito me espelho. Agradeço especialmente por toda sua atenção, generosidade e pelos valiosos conselhos.

Ao José Eduardo Roselino, pelas importantes observações no exame de qualificação e, mais do que isso, por todos esses anos de uma parceria multicultural, muito proveitosa e divertida, abastecida com muitos cafés.

Ao Renato Garcia, pelos conselhos, pela força em todos os momentos e principalmente por me ensinar, mesmo sem perceber, a moldar uma filosofia de vida com a improvável (e saudável) combinação de muito trabalho e *low profile*.

Ao Paulo Fracalanza, pelas valiosas observações no exame de qualificação e por sempre ter me incentivado e transmitido entusiasmo, seja nas atividades do mestrado, do doutorado ou de docência.

Aos professores Luiz Gonzaga Belluzzo, João Manuel Cardoso de Mello, Ricardo Carneiro, Luciano Coutinho, Mariano Laplane, José Carlos de Souza Braga, José Maria da Silveira, Daniela Prates, Antonio Carlos Macedo, Rosângela Ballini, Plínio de Arruda Sampaio Junior, Rodolfo Hoffmann e Frederico Mazzuchelli pelo embasamento teórico ao longo de anos de convívio.

Aos professores João Furtado, Rogério Gomes, Eduardo Strachmann e José Ricardo Fucidji pelo apoio nas atividades de pesquisa.

Aos companheiros Bruno Conti e Eduardo Angeli, pela parceria e pela força nestes dois últimos anos, no qual dividimos muitos momentos de alegria e de angústia.

Aos companheiros do mestrado, Andréa Peres, Eduardo Zana, Frederico Valente, Leonardo Nunes, Luciana Buchala, Marcela Del Monde, Pedro Marques, Rafael Cagnin e a Juan Ernesto. Embora curto, o convívio foi muito instigante e inesquecível.

A todos da equipe de pesquisa, Ana Paula Cerrón, Dayane, Myleni, Catherine, Natália, Vanessa, Murilo e Bruno pelos inúmeros momentos de parceria construtiva e divertida.

Ao Alberto, a Cida, a Marinete a Regina e ao Ademir, pelas inúmeras, sempre bem humoradas e altamente prestativas soluções dos mais variados problemas burocráticos.

Ao sempre eficientes companheiros do xerox, especialmente ao Daniel e ao Alemão.

Enfim, a todos meus amigos especialmente Fabio, Guilherme, André, Caio e Daniel, pelos convites para churrascos, futebol, festas, viagens e inúmeros outros eventos em momentos 'altamente oportunos'. Sem essas emoções esta dissertação não teria a menor graça.

*"Política governamental é semelhante à Lua.
No meio do mês ela fica diferente daquilo que era no início.
Política governamental também se assemelha ao Sol.
Faz florescer aquilo que ilumina".
(provérbio Chinês)*

Sumário:

Introdução	1
 Capítulo 1: Tecnologias de Informação: um Panorama.....	9
1.1 O caráter específico nas Tecnologias de Informação	10
1.2 Mercados e Tendências Globais na Indústria de Tecnologia de Informação	18
1.3 A Emergência da China como Grande Player Global	26
1.4. As Tecnologias de Informação no Brasil: Aspectos Quantitativos	31
 Capítulo 2: Paradigmas Tecnológicos nas Atividades de Tecnologia de Informação	35
2.1 Desenvolvimento Tecnológico nas Atividades de Tecnologia de Informação: a Importância da Modularização	37
2.2 Coordenação do Processo Inovativo e Confrontamento entre Diferentes Paradigmas Tecnológicos nas TI: a Importância das Plataformas.....	46
2.3 Estratégias Concorrenciais num Ambiente de Competição via Plataformas Tecnológicas.....	52
 Capítulo 3: Equipamentos de Informática	61
3.1 Dinâmica Concorrencial e Inovativa na Indústria de Equipamentos de Informática .	62
3.2 Dinâmica Concorrencial e Inovativa no Segmento de Semicondutores.....	81
 Capítulo 4: Atividades de Software	89
4.1 Dinâmica Concorrencial e Inovativa na Indústria de Software	90
4.2 Segmentos na Indústria de Software	101
4.2.1. Software-serviço de Baixo Valor.....	104
4.2.2 Software-serviço de Alto Valor	105
4.2.3 Software-produto Customizável	107
4.2.4 Software Pacote	109
 Conclusão	113
 Referências Bibliográficas.....	125

Índice de Figuras, Gráficos, Quadros e Tabelas

Quadro 1.1: Tecnologias de Informação Segundo Segmentos, CNAE e OECD	12
Gráfico 1.1: Mercado Mundial de TI por Segmentos	20
Gráfico 1.2: Participação no total de gastos de P&D nas TI segundo segmentos, OECD - 1993 a 2002	22
Tabela 1.1: 10 Maiores Firms de Equipamentos e Sistemas de Informática	23
Tabela 1.2: 10 maiores Firms de Software	24
Tabela 1.3: 10 Maiores Firms em Serviços de TI	24
Gráfico 1.3: Fluxo de comércio em produtos de TI - OECD, 1996 a 2004	25
Gráfico 1.4: Indústria Chinesa de TI - Faturamento, 2000-2005	27
Gráfico 1.5: Balanço Comercial em Produtos de TIC, China – 2004	28
Gráfico 1.6: Indústria Brasileira de Hardware, 2000 a 2005	32
Gráfico 1.7: Indústria Brasileira de Software - Mercado Interno e Exportações, 2002 a 2004	33
Figura 2.1 - Sistema Inter-Dependente	40
Figura 2.2 - Sistema Modular	41
Figura 2.3: Módulos / Segmentos e Respektivas Firms e Produtos da Indústria de TI	48
Figura 3.1: Etapas da Cadeia de Valor e Escopo de Atuação dos Agentes na Indústria de Equipamentos de Informática	72
Figura 3.2: <i>Players</i> da Cadeia Produtiva de Circuitos Integrados	85
Figura 3.3: Etapas de Desenvolvimento de Software	92
Figura 3.4: Agregação de Valor e Estágios de Desenvolvimento de Software	94
Figura 3.5: A Dinâmica Competitiva da Indústria de Software: os Elementos Determinantes da “Tendência Centrípeta” e da “Contra-Tendência Centrífuga”	100
Quadro 3.1: Modelos de Negócios na Atividade de Software	102

Resumo:

Este trabalho procura descrever e analisar a dinâmica concorrencial e inovativa dos principais segmentos que compõem as Tecnologias de Informação (TI) quais sejam, as indústrias de equipamentos de informática e de software. Para tal, procura compreender de que maneira o atual paradigma tecnológico baseado na modularização representa o principal elemento estrutural para o estabelecimento de plataformas tecnológicas dominantes, as quais se configuram como as responsáveis pela determinação da dinâmica concorrencial e inovativa destas atividades. Em relação à indústria de equipamentos de informática, concluiu-se que o estabelecimento de parcerias tecnológicas, os ganhos de escala e a agilidade na introdução de inovações apresentam-se como as principais fontes de assimetrias competitivas. Destacou-se também que a dinâmica inovativa neste segmento é condicionada pelos processos de *design* modularizados na indústria de semicondutores. O avanço tecnológico destes, por sua vez, decorre da compatibilização entre a evolução *i)* no número de transistores disponíveis em um único circuito e *ii)* na capacidade de se gerar padrões de *design* aptos a integrá-los neste único *chip*. Em relação à indústria de software, concluiu-se que, dado sua organização em torno de plataformas tecnológicas, a geração de externalidades de rede, o alto dinamismo tecnológico e os retornos de escala são os principais determinantes de sua dinâmica concorrencial e inovativa. Além disso, destacou-se que as capacitações fundamentais para o processo inovativo do software estão relacionadas com as atividades de concepção e *design*.

Palavras-Chave: Tecnologias de Informação; Dinâmica Concorrencial e Inovativa; Política Tecnológica e de Competitividade Industrial; Atividades de Software; Indústria de Equipamentos de Informática.

JEL: O31; L86; L63; L22; L52.

Abstract:

This master thesis aims to describe and analyse the competitive and innovative patterns of Information Technology (IT) industries, mainly computer equipments and software. It intends to analyse how the technological paradigm characterized by modularity configures itself as the major element to the creation of leading technological platforms, which influence and coordinate the competitive and innovative dynamics in IT industries. By analysing the computer equipments industry, it concludes that technological cooperation, scale effects and the time-to-market are the main sources of competitive advantages. It also stresses that the innovation in computer equipment industry is a function of the evolution of the process of design modularization in semiconductors industry. By the other side, the technological upgrading derives from evolution (i) in the number of transistors available in a circuit and (ii) in the capacity of creating design standards enabled to integrate more circuits in a single chip. By analysing the software industry, this document concludes that due to the industry organization in technological platforms, the network externalities, the high technological dynamism and the scale effects are the main forces that determines its competitive and innovative dynamics. Moreover, this document also shows that the main capabilities to the innovative process in software industry originate from the activities of conception and design.

Key-words: Information Technologies; Competitive and Innovative Dynamics; Technological and Industrial Competitiveness Policies; Software Activities; Computer Equipment Industry

JEL: O31; L86; L63; L22; L52.

Introdução

O objetivo desta dissertação é descrever e analisar a dinâmica concorrencial e inovativa dos principais segmentos que compõem as Tecnologias de Informação (TI) quais sejam, as indústrias de equipamentos de informática e de software.

A consecução deste objetivo se baseará no exame dos fatores determinantes desta dinâmica por meio de um arcabouço analítico que procurará identificar os elementos responsáveis pela configuração das estruturas tecnológicas¹ e de mercado das atividades de TI. O método utilizado para a identificação destes elementos será a análise dos paradigmas tecnológicos que caracterizam a indústria de TI.

Para DOSI (1982), um paradigma tecnológico caracteriza-se como um padrão de solução de problemas tecnológicos e econômicos a partir da adoção de um conjunto de procedimentos, da delimitação de problemas relevantes e da pesquisa acerca de conhecimentos específicos com o intuito último de se criar assimetrias competitivas. Estes padrões, na medida em que delimitam, condicionam e direcionam as estratégias dos agentes, criam mecanismos de *feedback* e consolidam trajetórias que têm implicações diretas nas dinâmica concorrencial e inovativa.

A opção por este método, por sua vez, está relacionada com a hipótese principal do trabalho, qual seja: o estabelecimento e a evolução dos paradigmas tecnológicos são os elementos estruturais mais importantes para a consolidação de plataformas tecnológicas dominantes no setor, as quais se configuram como os principais fatores que determinam a dinâmica concorrencial e inovativa das atividades de TI. Entendidas como um sistema passível de evolução, formado por componentes independentes que possuem capacidade inovativa própria, nas TI as

¹ Estruturas tecnológicas são aqui entendidas como a organização e a disposição das principais características técnicas que condicionam e limitam os processos de concepção, *design* e produção nas mais diversas atividades econômicas.

plataformas tecnológicas definem e condicionam a evolução de um conjunto de regras e padrões de arquitetura e interface que possibilitam o processamento independente de tarefas e funcionalidades por meio de módulos distintos. Assim, o estabelecimento e a evolução das plataformas tecnológicas será utilizado como objeto de análise principal para a compreensão dos fatores estratégicos que influenciam as estruturas tecnológicas e de mercado das indústrias de equipamentos de informática e de software.

Uma vez identificados, estes fatores serão examinados de maneira inter-dependente. Esse exame inter-dependente, por sua vez, permitirá a criação de um arcabouço analítico por meio do qual será possível captar os diversos aspectos específicos das dinâmicas concorrencial e inovativa em cada segmento das TIs.

A indústria de Tecnologia de Informação apresenta importância crescente entre as demais atividades econômicas. Dentre diversos outros fatores, esta importância se concretiza em sua alta densidade tecnológica, no alto dinamismo nos mercados globais e na elevada capacidade de geração de postos de trabalho qualificados e bem remunerados.

Segundo dados da PIA / IBGE (Pesquisa Industrial Anual) para o ano de 2004, somente a divisão 30 da CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas) referente à “fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática” empregava cerca de 23 mil pessoas e apresentava um faturamento aproximado de R\$ 9,3 bi. A partir de uma classificação mais ampla, dados da OECD (2006) apontam para um faturamento de US\$ 15,9 bi na indústria brasileira de hardware no ano de 2005. Não obstante apresentar valores expressivos, os dados da OECD (2006) ainda mostram que este segmento tem crescido de maneira substancial nos últimos anos (saltando de um faturamento de US\$ 6,2 bi em 2000 para US\$ 12,4 em 2004).

Já a indústria brasileira de software caracterizava-se como a sexta maior do mundo em 2001, apresentando um faturamento de US\$ 7,7 bi. e empregando cerca de 160 mil pessoas (M.I.T., 2002). Segundo dados da PAS / IBGE (Pesquisa

Anual de Serviços), em 2004 este faturamento subiu para cerca de R\$ 24,4 bi. e o número total de pessoas ocupadas para 264 mil.

Além destes efeitos diretos sobre emprego e renda, a importância das TI desdobra-se em diversos outros aspectos que transbordam as fronteiras desta indústria e exercem substanciais impactos sobre as dimensões econômica e tecnológica de um amplo conjunto de segmentos econômicos. Em outras palavras, não obstante apresentar uma participação crescente nas atividades econômicas globais, o desenvolvimento das atividades TI exerce impactos indiretos sobre uma vasta gama de setores.

Conforme lembra ROSELINO (2006: 3), grande parte destes impactos indiretos estão relacionados com o caráter perverso² e transversal das TI, que se expressa pela sua presença nas mais diversas cadeias produtivas e atividades econômicas. Esse caráter, por sua vez, está relacionado com a posição estratégica assumida pelas TI no novo paradigma técnico-produtivo consolidado nas últimas décadas do século XX.

Com a revolução tecnológica na microeletrônica, observa-se um fenômeno de transformação estrutural das relações técnico-produtivas, o qual viabiliza-se pela incorporação de artefatos do complexo eletrônico a um amplo conjunto de atividades econômicas. Paralelamente, a mesma revolução na microeletrônica aumenta de maneira substancial o potencial tecnológico das TI. Este fato, por sua vez, contribui de maneira decisiva para a ampliação do espectro de funcionalidades passíveis de serem incorporadas aos equipamentos eletrônicos por meio da adoção de processos intensivos em TI.

Assim, a conjugação destes fenômenos engendra um movimento de transformações na estrutura técnico-produtiva cuja tendência principal têm sido aumentar o caráter transversal e perverso das TI.

² ROSELINO (2006: 3) justifica a utilização deste neologismo derivado do vocábulo inglês *pervasive* (oriundo originalmente do latim: *pervasus*, particípio passado de *pervadere*) diante da ausência de um vocábulo em língua portuguesa capaz de expressar simultaneamente o caráter disseminado e penetrante das TI.

Além dos impactos econômicos sobre a indústria de TI, outro efeito importante derivado deste caráter transversal e pervasivo é a influência que as contínuas transformações tecnológicas nas TI exercem sobre a dinâmica concorrencial e inovativa dos diversos setores da economia nos quais ela se faz presente. Assim, observa-se que cada vez mais a evolução tecnológica nas TI configura-se como um condicionante fundamental dos processos inovativos em uma diversa gama de setores, sobretudo os do complexo eletrônico.

Nesse cenário, conjugando importantes efeitos econômicos e tecnológicos, as TI assumem um caráter estratégico no atual paradigma técnico-econômico. A partir desta constatação, justifica-se a preocupação crescente dos gestores e formuladores de políticas públicas tanto em âmbito internacional quanto nacional a respeito da compreensão de sua dinâmica concorrencial e inovativa.

Acompanhando esta tendência, nas últimas décadas observam-se no Brasil diversos esforços e programas de políticas públicas orientados no sentido de fortalecer, promover a competitividade e impulsionar localmente os diversos segmentos da indústria de TI. Dentre estes, destacam-se a Política Nacional de Informática instituída nos anos 80, a “Lei de Informática” e a criação do SOFTEX nos anos 90, além da recente escolha dos segmentos de software e de semicondutores como setores estratégicos pelas diretrizes da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior – PITCE.

A importância estratégica assumida pelas atividades de TI, por sua vez, atua no sentido de justificar a importância de um estudo detalhado dos determinantes específicos da dinâmica concorrencial e inovativa nos segmentos de software e de equipamentos de informática. Não obstante a já discutida importância estratégica destas atividades para o atual paradigma técnico-produtivo, o fato de serem objeto de diversas políticas públicas de incentivo aumenta ainda mais a relevância de um estudo com estes propósitos. Isso porque, uma vez que são incentivados por meio de recursos públicos, a análise da dinâmica concorrencial e inovativa dos segmentos de software e de equipamentos

de informática pode contribuir para os constantes esforços de racionalização e aumento da eficiência na utilização destes recursos.

Orientando-se nesta direção, ainda que de maneira menos pretensiosa, esta dissertação estrutura-se em quatro capítulos.

O **capítulo 1** procura traçar um panorama das Tecnologias de Informação. Num primeiro momento, identifica estas atividades segundo as classificações propostas pela OECD (2005:15), caracterizando-as como o conjunto de atividades que “processam informações através de meios eletrônicos ou utilizam meios de processamento eletrônico para detectar, aferir e/ou gravar fenômenos físicos ou até mesmo para controlar processos físicos”. Em seguida, a partir desta definição, procura-se demonstrar o caráter específico das TI frente às demais atividades econômicas, com especial destaque para sua transversalidade e pervasividade.

Concluído esse exame inicial, o capítulo apresenta um panorama geral da indústria de TI. A partir de uma abordagem quantitativa, apresentam-se diversos aspectos da dimensão internacional desta indústria, como faturamento, empregos, fluxos comerciais entre outros.

Além disso, descreve-se de maneira breve a emergência da China como grande *player* nesta indústria. Destacam-se também os esforços dos *policy makers* chineses no sentido de articular diversas iniciativas de políticas públicas com o intuito de aumentar o dinamismo tecnológico / inovativo e a capacidade de agregação de valor local das TI. Apesar de breve, a descrição das características gerais das atividades de TI chinesa justifica-se devido aos impactos que a emergência recente deste novo *player* exerce sobre a organização global da cadeia produtiva e tecnológica destas atividades.

Finalizando o capítulo, apresenta-se um exame quantitativo da indústria brasileira de TI, destacando diversos aspectos de sua dimensão econômica como dados relativos a faturamento, empregos, valor da transformação industrial entre outros.

O **capítulo 2** descreve e analisa o paradigma tecnológico vigente nas atividades de TI. Em consonância com a definição proposta por DOSI (1982),

procura-se analisar a dinâmica concorrencial e inovativa destas atividades a partir do exame do padrão de comportamento característico de suas empresas. É justamente a partir da compreensão deste comportamento padrão e de seu consequente desdobramento sobre o ambiente de formulação de estratégias dos agentes que se pode compreender as estruturas de mercado da indústria de TI.

Procura-se também construir uma estrutura analítica capaz de trazer elementos que viabilizem a compreensão dos diversos fatores que influenciam os aspectos tecnológicos e concorrenciais da indústria de TI. A busca por essa compreensão, por sua vez, terá como objeto de análise principal os paradigmas tecnológicos que caracterizam as TI. Em outras palavras, são os desdobramentos e a evolução destes padrões que irão pautar e delimitar o exame da dinâmica concorrencial e inovativa desta indústria.

Como esforço inicial de construção desta estrutura analítica, examina-se no capítulo 2 o fenômeno que está na base de sustentação do atual paradigma tecnológico das TI a saber, a modularização. Depois de descrever as características técnicas deste processo, procura-se mostrar de maneira geral que as evoluções e transformações na modularização são as condicionantes em última instância tanto da configuração da cadeia de valor quanto das transformações tecnológicas das TI.

Finalizando, o capítulo procura examinar os mecanismos por meio dos quais a vigência de um paradigma tecnológico orientado por processos de modularização condiciona a dinâmica concorrencial e inovativa no setor. Para tal, analisa-se a importância da organização da indústria de TI em torno de plataformas tecnológicas e procura-se mostrar de que maneira a busca pela criação de assimetrias competitivas por meio do controle destas plataformas influencia as estratégias concorrenciais na indústria.

O **capítulo 3** procura compreender os diversos aspectos específicos que influenciam a dinâmica concorrencial e inovativa na indústria de equipamentos de informática. A busca deste objetivo, por sua vez, fundamentar-se-á na compreensão do paradigma tecnológico que caracteriza o segmento. Isso porque

é somente por meio do exame detalhado deste padrão que se poderá analisar de maneira completa os fatores que delimitam, condicionam e direcionam as estratégias das empresas do setor.

Neste sentido, procura-se relacionar este paradigma tecnológico a duas características principais da indústria a saber, o alto dinamismo tecnológico e o processo contínuo de ampliação do escopo do setor por meio da introdução de inovações. Além disso, enfatiza-se a maneira pela qual estas características influenciam as forças determinantes das assimetrias competitivas do setor. Dentre estas forças o capítulo destaca a liderança tecnológica dividida, a importância das economias de escala e a redução do *time to market*.

Em seguida, examina-se o paradigma tecnológico observado no segmento de fabricação e desenvolvimento de semicondutores, mostrando-se que cada vez mais a evolução tecnológica na indústria de equipamentos de informática é condicionada pelas inovações neste segmento.

Finalizando, o capítulo destaca que a dinâmica inovativa nos equipamentos de informática é condicionada em última instância pela transformação dos processos de modularização. Essa transformação, por sua vez, é determinada pela capacidade de compatibilização entre a evolução i) no número de transistores disponíveis em um único circuito e ii) na capacidade de se gerar padrões de *design* aptos a integrá-los neste único *chip*.

O capítulo 4 trata da dinâmica concorrencial e inovativa da indústria de software. Inicialmente, o capítulo destaca o aumento da importância relativa do software frente às demais atividades de TI. Este aumento, por sua vez, decorre i) do fato de que no atual paradigma tecnológico das TI, as atividades relacionadas à fabricação de equipamentos de hardware apresentam um grau crescente de *commoditização* e ii) do fato do software concentrar grande parte do potencial inovativo das TI.

Além de destacar a posição estratégica do software frente às demais atividades de TI, o capítulo analisa de que maneira as especificidades da atividade de desenvolvimento de software (principalmente seu caráter imaterial) desdobram-

se nas forças determinantes da dinâmica concorrencial e inovativa do setor. Entre estas forças, o capítulo atribui especial ênfase aos graus de intensidade tecnológica dos diversos segmentos da atividade de software, da capacidade de geração de externalidades de rede e dos ganhos de escala. Além disso, destaca-se que as capacitações fundamentais para o processo inovativo do software estão relacionadas com as atividades de concepção e *design*. Isso porque estas atividades são intensivas em conhecimento tácito, dependem em grande medida de capacitações humanas específicas e concentram-se em grande parte em processos não automatizáveis.

Ainda apresenta-se no capítulo 4 uma tipologia composta pelos diversos segmentos presentes na indústria de software. A partir desta tipologia, procura-se destacar a maneira pela qual a dinâmica concorrencial e inovativa se transfigura ao longo dos diferentes segmentos da referida indústria.

Finalmente, a **conclusão** apresenta a confirmação da hipótese adotada nesta dissertação. Em um plano geral, procura-se destacar a importância dos paradigmas tecnológicos como elementos condicionantes da dinâmica concorrencial e inovativa na indústria de TI. Já num plano mais específico, procuram-se destacar os principais determinantes dos processos de evolução tecnológica nas indústrias de software e de equipamentos de informática.

Capítulo 1: Tecnologias de Informação: um Panorama.

Este capítulo procura traçar um panorama das Tecnologias de Informação. Para tal, combinando o exame de aspectos qualitativos e quantitativos, procura destacar o carácter específico e a importância destas atividades no atual paradigma técnico-produtivo.

A partir das definições propostas pela OECD, a seção 1.1 destaca a especificidade das TI frente às demais atividades económicas, com especial ênfase para sua transversalidade e pervasividade. Fundamentando-se neste carácter específico, a seção mostra que a análise da dinâmica concorrencial e inovativa das atividades de TI pode ser realizada por meio de dois enfoques distintos. O primeiro consiste em analisar esta dinâmica nos segmentos estritamente classificados como de TI, ou seja, naqueles em que as TI se apresentam como bens e serviços finais. O segundo enfoque consiste em examinar a dinâmica concorrencial e inovativa a partir do impacto exercido pelas TI nas diversas atividades económicas em que atuam como insumo produtivo.

Concluído esse exame inicial, a seção 1.2 apresenta um panorama geral da indústria de TI. A partir de uma abordagem quantitativa, apresentam-se diversos aspectos da dimensão internacional desta indústria, como faturamento, empregos, fluxos comerciais entre outros.

Além destes aspectos quantitativos, a seção ainda apresenta as tendências de reestruturação da cadeia global de valorização das TI. Assim, mostra-se que a configuração desta cadeia caracteriza-se pelo estabelecimento de uma estrutura de governança comandada pelas empresas transnacionais, na qual se observa uma grande segmentação em escala global das etapas de desenvolvimento e produção.

Na seção 1.3 descreve-se de maneira muito breve a emergência da China como grande *player* na indústria de TI, destacando seus potenciais impactos sobre a organização global da cadeia produtiva e tecnológica destas atividades. Procura-

se mostrar que esta emergência ocorre por meio de duas dimensões. Na primeira, mediante a integração nas cadeias globais de valorização via fluxos de comércio, a China apresenta-se como constituinte fundamental da estrutura de oferta mundial. Já na segunda destas dimensões, a emergência e consolidação da indústria chinesa de TI ocorre por meio de sua articulação com as forças produtivas internas. Finalizando, a seção destaca os esforços dos *policy makers* chineses no sentido de articular diversas iniciativas de políticas públicas com o intuito de aumentar o dinamismo tecnológico / inovativo e a capacidade de agregação de valor local das TI.

Finalizando, a seção 1.4 apresenta um breve exame quantitativo da indústria brasileira de TI, com destaque para variáveis econômicas como faturamento, empregos, valor da transformação industrial entre outros.

1.1 O caráter específico nas Tecnologias de Informação

Segundo definição adotada pela OECD (2005:15), as Tecnologias de Informação (TI) caracterizam-se como o conjunto de atividades que “processam informações através de meios eletrônicos ou utilizam meios de processamento eletrônico para detectar, aferir e/ou gravar fenômenos físicos ou até mesmo para controlar processos físicos”. Desse modo, configuram-se na indústria de TI as empresas cuja atividade principal seja a produção de equipamentos, softwares ou serviços que habilitem o funcionamento destas atividades.

Ao analisar-se essa definição, logo num primeiro momento, notar-se-á o caráter específico das TI frente às demais atividades econômicas. Esse fato, por sua vez, decorre de características relacionadas principalmente às **diferentes posições assumidas pelas TI nos processos produtivos** e ao **escopo** destas atividades.

No que diz respeito às **diferentes posições assumidas pelas TI nos processos produtivos**, nota-se que estas são classificadas a partir da capacidade de executarem um conjunto de características operacionais por meio de mecanismos e procedimentos específicos. Em outras palavras, as atividades

de TI só se enquadram como tal na medida em que realizam determinadas funções a partir da utilização de técnicas e métodos específicos. Assim, sua identificação não está relacionada apenas com os resultados finais do processo produtivo, mas também com a maneira por meio da qual determinado produto ou serviço resultado deste processo desempenha suas funcionalidades.

Já em relação ao **escopo**, observa-se que o grau de detalhamento e de especificidade deste tipo de classificação adotada pela OECD permite a delimitação precisa do objeto de análise. No entanto, como enfatizam os mecanismos e procedimentos técnicos apresentados ao longo do processo produtivo, esta classificação dificulta sobremaneira a identificação e a posterior aglutinação de um **conjunto relativamente uniforme** de agentes e firmas a partir do exame apenas dos resultados finais do processo produtivo. Esta aglutinação é dificultada tanto em virtude das atividades de TI inserirem-se muitas vezes apenas como etapas intermediárias de diversas cadeias produtivas, quanto devido às complexas e amplas segmentações assumidas por estas atividades. Grosso modo, pode-se observar esta amplitude na materialização das atividades de TI em segmentos qualitativamente distintos, relacionados tanto a **produtos** quanto a **serviços** (vide quadro 1.1).

No segmento de **produtos**, de maneira geral, observa-se uma tendência contínua de transbordamento das atividades de TI para os demais setores constituintes do complexo eletrônico, dentre os quais destacam-se os equipamentos de telecomunicações, de áudio e vídeo entre outros. Esse transbordamento, por sua vez, ocorre através da criação de novos produtos via processos de inovação radical, por meio da incorporação de novas funcionalidades intensivas em TI em produtos já estabelecidos ou até mesmo por meio da modificação da maneira pela qual as funcionalidades já existentes são executadas, as quais passam a serem realizadas a partir do uso de processos intensivos em TI³.

³ O movimento de transbordamento das atividades de TI para o complexo eletrônico será analisado de maneira detalhada no capítulo 3.

Quadro 1.1: Tecnologias de Informação Segundo Segmentos, CNAE e OECD

Hardware	30112 - Fabricação de máquinas de escrever e calcular, copiadoras e outros equipamentos não eletrônicos para escritório
	30120 - Fabricação de máquinas de escrever e calcular, copiadoras e outros equipamentos eletrônicos destinados à automação gerencial e comercial
	30210 - Fabricação de computadores
	30228 - Fabricação de equipamentos periféricos para máquinas eletrônicas para tratamento de informações
	31305 - Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados
	32107 - Fabricação de material eletrônico básico
	33200 - Fabricação de aparelhos e instrumentos de medida, teste e controle - exceto equipamentos para controle de processos industriais
	33308 - Fabricação de máquinas, aparelhos e equipamentos de sistemas eletrônico dedicados à automação e ao controle do processo produtivo
Software	72109 - Consultoria em hardware
	72214 - Desenvolvimento e edição de softwares prontos para uso
	72290 - Desenvolvimento de softwares sob encomenda e outras consultorias em software
	72303 - Processamento de dados
	72400 - Atividades de banco de dados e distribuição on-line de conteúdo eletrônico
	72508 - Manutenção e reparação de máquinas de escritório e de informática
	72907 - Outras atividades de informática, não especificadas anteriormente

Fonte: Classificação baseada na CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas), a partir das definições propostas por OECD (2005)

Além disso, conforme já fora afirmado anteriormente, pode-se identificar a presença das TI como atividades imersas em diversas etapas dos processos produtivos de diferentes segmentos econômicos. Ao assumirem esta configuração, as TI aproximam-se da classificação atribuída às atividades de **serviço**, uma vez que se caracterizam de maneira geral como atividades que 'habilitam' o processamento eletrônico de informações. Ou seja, nesta configuração é comum as TI apresentarem-se como atividades de software, uma vez que estes se definem exatamente como um conjunto lógico e sistematizado de instruções e informações que comandam o funcionamento de um equipamento informatizado (STEINMULLER, 1995).

No entanto, vale destacar que mesmo apesar dessa segmentação inicial das TI em produtos e serviços ser aparentemente simples, a aplicação prática desta tipologia muitas vezes é complexa e exige diversas mediações. Isso porque se observa que a configuração mais comum nas quais estas atividades se apresentam é aquela em que produtos e serviços se combinam e se complementam para oferecerem soluções integradas de TI. Em outras palavras, grande parte do faturamento da indústria de TI concentra-se em artefatos que são capazes de processar informações eletronicamente, porém, que só o fazem em virtude de possuírem serviços (ou softwares) embarcados que habilitam tal processamento. É exatamente nesta condição que se enquadra grande parte do complexo eletrônico.

Em decorrência das dificuldades de se identificar e mensurar de maneira precisa o fenômeno de integração entre complexo eletrônico e TI, este trabalho optou por escolher como objeto de análise os dois segmentos responsáveis por maior parte do faturamento das atividades de TI no Brasil a saber, equipamentos de informática e software.

Além da importância econômica destes segmentos entre as atividades de TI, sua escolha justifica-se pelo fato de serem os principais agentes tanto do processo de transbordamento destas atividades quanto de suas transformações tecnológicas. Em relação às últimas, dado o grau de *commoditização* crescente dos componentes de hardware (GALINA (2003), SUZIGAN *et al* (2001) entre outros), destaca-se a importância estratégica do software como principal elemento da dinâmica inovativa nas TI. Já em relação ao processo de transbordamento destas atividades, fica patente a importância da evolução tecnológica concomitante e complementar nos equipamentos de informática (sobretudo via miniaturização e aumento da capacidade de processamento) e nas atividades de software (via introdução de novas funcionalidades).

Apesar da capacidade de identificação e mensuração das variáveis relativas a estes segmentos ser bem mais nítida quando comparada às demais áreas do complexo eletrônico nas quais as atividades de TI encontram-se

embarcadas, a análise de sua dinâmica concorrencial e inovativa também deverá ser pautada a partir da **compreensão das especificidades das atividades de TI**. Em primeiro lugar porque, ainda que numa intensidade menor, as indústrias de equipamentos de informática e de software também apresentam escopos amplos, os quais materializam-se em diversas sub-áreas com diferenças qualitativas no que se refere a aspectos tecnológicos e concorrenciais. Segundo porque, tal qual é característico ao complexo eletrônico, estes segmentos apresentam-se diversas vezes de maneira conjugada a fim de se transformarem em um único artefato capaz de prover soluções integradas.

Neste cenário, em virtude destas características específicas das atividades de TI, o exame de sua dinâmica concorrencial e inovativa pode ser realizado a partir de duas maneiras distintas. A primeira consiste em analisar esta dinâmica nos **segmentos estritamente classificados como de TI**, ou seja, naqueles em que as TI se apresentam como bens e serviços finais. Outra opção consiste em examinar a dinâmica concorrencial e inovativa a partir do impacto exercido pelas TI nas diversas atividades econômicas em que atuam como **insumo produtivo**.

Conforme fora afirmado, a análise da dinâmica concorrencial e inovativa nos **segmentos estritamente classificados como de TI** consiste no exame destas atividades apenas quando estas se apresentam na forma de produtos e serviços finais. Nesta opção, são transplantadas para o exame das TIs as classificações e alguns exercícios analíticos normalmente aplicados às demais atividades econômicas. Entretanto, apesar dos potenciais benefícios derivados da adoção de um padrão de classificação característico da grande maioria das atividades econômicas, a utilização deste arcabouço também apresenta algumas limitações. Isso porque a simples transposição da lógica analítica do padrão produtivo manufatureiro é um instrumento insuficiente para a compreensão das atividades de TI. Grande parte desta insuficiência, por sua vez, está relacionada em última instância ao fato do processo produtivo das atividades de TI ser estruturalmente distinto daquele observado nas atividades características do padrão técnico-produtivo das 1ª e 2ª Revoluções Industriais.

De maneira geral, o processo produtivo das atividades de TI é altamente intensivo em conhecimento. A despeito de, grosso modo, poder ser dividido em etapas como concepção, produção, teste e comercialização, destacam-se **algumas divergências primordiais** em relação à maioria dos processos produtivos manufatureiros.

A **primeira** delas diz respeito à importância da etapa de concepção como principal determinante do processo. Por sua vez, essa posição hierarquicamente superior frente às demais etapas decorre do fato do principal insumo deste processo ser o conhecimento. Isso porque, como são atividades com alto dinamismo inovativo, a criação de vantagens concorrenciais e até mesmo a simples sobrevivência dos agentes nas TI exige esforços contínuos e incessantes de aperfeiçoamento das funcionalidades das mercadorias. Assim, a etapa de concepção torna-se a responsável pela maior parte dos esforços e dos custos de desenvolvimento de novas funcionalidades.

Outro elemento importante que contribui para o destaque conferido à etapa de concepção é o fato de que em diversas atividades de TI (notadamente software) os custos de reprodução marginal das mercadorias são muito mais baixos do que nas atividades manufatureiras tradicionais.

A **segunda** divergência em relação ao padrão técnico característico da indústria manufatureira decorre da dificuldade de se organizar o processo produtivo em uma seqüência linear, na qual as etapas são delimitadas de maneira nítida e a elaboração de determinada mercadoria desenvolve-se de forma incremental. O que se observa em muitas das atividades de TI, com especial ênfase para o software, é que as etapas do processo produtivo se sobrepõem e realizam-se de maneira concomitante.

Este **caráter específico das TI** também se faz presente quando estas atividades se apresentam na forma de **insumos produtivos**. Ao se enquadrarem como tal, a análise de sua dinâmica concorrencial e inovativa ocorre a partir da

compreensão de seu caráter transversal e pervasivo⁴. Isso porque nesta configuração a importância das TI desdobra-se em diversos outros aspectos que transbordam suas fronteiras e exercem substanciais impactos sobre as dimensões econômica e tecnológica de um amplo conjunto de segmentos econômicos.

Conforme lembra ROSELINO (2006: 3), grande parte destes impactos indiretos estão relacionados com a pervasividade e a transversalidade das TI, que se expressam na sua presença nas mais diversas cadeias produtivas e atividades econômicas. Essa transversalidade, por sua vez, está relacionada com a posição estratégica assumida pelas TI no novo paradigma técnico-produtivo consolidado nas últimas décadas do século XX.

A partir da revolução tecnológica na microeletrônica, observou-se um fenômeno de transformação estrutural das relações técnico-produtivas, o qual foi viabilizado pela incorporação de artefatos do complexo eletrônico a um amplo conjunto de atividades econômicas. Paralelamente, a mesma revolução na microeletrônica aumentava de maneira substancial o potencial tecnológico das TI. Este fato, por sua vez, contribuía de maneira decisiva para a ampliação do espectro de funcionalidades passíveis de serem incorporadas aos equipamentos eletrônicos por meio da adoção de processos intensivos em TI. É neste movimento que se observa o aumento da pervasividade e o transbordamento das TI para diversos setores da atividade econômica, como aqueles relacionados aos bens de consumo duráveis.

Outra face deste movimento é a consolidação do caráter transversal destas atividades, materializado em sua presença em diversas cadeias produtivas. Conforme lembram ROSELINO & GOMES (2000), as atividades de TI (sobretudo software) apresentam-se cada vez mais como elos estratégicos na configuração das cadeias produtivas globalizadas. Além de sua importância no processo

⁴ Segundo ROSELINO (2006: 3), este neologismo deriva do vocábulo inglês *pervasive* (oriundo originalmente do Latim: *pervasus*, participio passado de *pervadere*), e foi adotado neste trabalho diante da ausência de um vocábulo em língua portuguesa capaz de expressar simultaneamente o caráter disseminado e penetrante das TI.

inovativo, por meio dos processos de modularização⁵, estas atividades atuam no sentido de potencializar a capacidade de segmentação de etapas e sua posterior integração. Isso porque facilitam e ampliam as possibilidades de adoção de diferentes estratégias de governança global características do paradigma da empresa-rede.

Assim, a conjugação destes fenômenos engendrou um movimento de transformações na estrutura técnico-produtiva cuja tendência principal têm sido o aumento do caráter transversal e pervasivo das TI.

Além dos impactos econômicos sobre a indústria de TI, outro efeito importante derivado desta transversalidade é a influência que as contínuas transformações tecnológicas nas TI exerce sobre a dinâmica concorrencial e inovativa dos diversos setores da economia nos quais ela se faz presente. Assim, em virtude de sua pervasividade, observa-se que cada vez mais a evolução tecnológica nas TI configura-se como um condicionante fundamental dos processos inovativos em uma diversa gama de setores, sobretudo os do complexo eletrônico. Conforme lembra ROSELINO (2006: 27),

“essa pervasividade nas mais diversas atividades humanas, bem como a transversalidade do software nas cadeias produtivas, indicam que mais relevante do que a participação quantitativa direta da ‘indústria de software’ no produto agregado de cada país é o papel crucial desempenhado por tais tecnologias para o funcionamento de inúmeras atividades, sejam elas diretamente produtivas ou ligadas ao consumo.”

Entretanto, a despeito da importância da compreensão dos impactos que as atividades de TI exercem sobre as diversas cadeias produtivas nas quais estão presentes como insumos, a adoção deste enfoque analítico limita a consecução dos objetivos deste trabalho. Isso porque nesta configuração, as transformações tecnológicas nas TI exercem influência de maneira indireta nas cadeias em que estão presentes. Além disso, dado que são insumos intangíveis e embarcados, a

⁵ A influência dos processos de modularização na dinâmica inovativa e na organização das cadeias globais de TI serão examinadas no capítulo 2.

identificação e o isolamento de suas transformações tecnológicas torna-se uma tarefa muito difícil e pouco precisa, uma vez que exige diversas mediações. **Em outras palavras, a rigor, é somente a partir do exame destas atividades materializadas em bens e serviços finais que se pode compreender os determinantes de sua dinâmica concorrencial e inovativa.**

Assim, utilizando-se estes **bens e serviços finais como objeto de análise**, antes de se examinar a dinâmica concorrencial e inovativa das TI faz-se necessário dimensionar estas atividades a fim de se destacar sua importância econômica no atual paradigma técnico-produtivo. Neste sentido, a próxima seção procura traçar um panorama quantitativo internacional e da indústria de TI bem como destacar as principais tendências no que diz respeito a faturamento, organização da cadeia global de valorização e importância relativa de seus diversos segmentos.

1.2 Mercados e Tendências Globais na Indústria de Tecnologia de Informação

A indústria de Tecnologia de Informação apresenta importância crescente entre as demais atividades econômicas. Dentre diversos outros fatores, esta importância se concretiza nos altos faturamentos que seus segmentos apresentam, em sua alta densidade tecnológica, no dinamismo nos fluxos de comércio internacionais e na elevada capacidade de geração de postos de trabalho qualificados e bem remunerados.

Além da importância direta, ao assumirem a forma de insumos produtivos transversais, tais atividades exercem importantes efeitos indiretos sobre diversas cadeias produtivas. No que diz respeito aos aspectos tecnológicos, observa-se que seu alto dinamismo inovativo configura-se como um importante instrumento de contínuo aumento da eficiência e da produtividade nestas cadeias. Já no que diz respeito à organização das cadeias internacionais de valorização, a incorporação de processos e técnicas de gerenciamento intensivos em TI permite a criação de estruturas de governança que integrem agentes e capacitações

dispersas em escala global. Ou seja, nesta forma de insumos produtivos, apresentam-se como elementos *sine qua non* à consolidação do paradigma da empresa-rede (DEDRICK & KRAEMER, 2005).

Outra importante tendência das atividades de TI é o fato destas apresentarem-se cada vez mais de maneira combinada, configurando um conjunto completo e integrado de soluções. Em outras palavras, agregando-se à segmentação das capacitações entre os agentes de TI a demanda por mercadorias aptas a realizarem diversos tipos de operações, observa-se a necessidade de esforços crescentes no sentido de viabilizar a integração de um escopo cada vez maior de funcionalidades em uma única mercadoria. Em decorrência desta integração, dificulta-se a identificação, a delimitação e principalmente a atribuição de valor às diversas atividades de TI incorporadas numa determinada solução. Desse modo, o conjunto das atividades de TI é invariavelmente maior do que se pode observar a partir do exame dos dados relativos às atividades estritamente classificadas como de TI⁶.

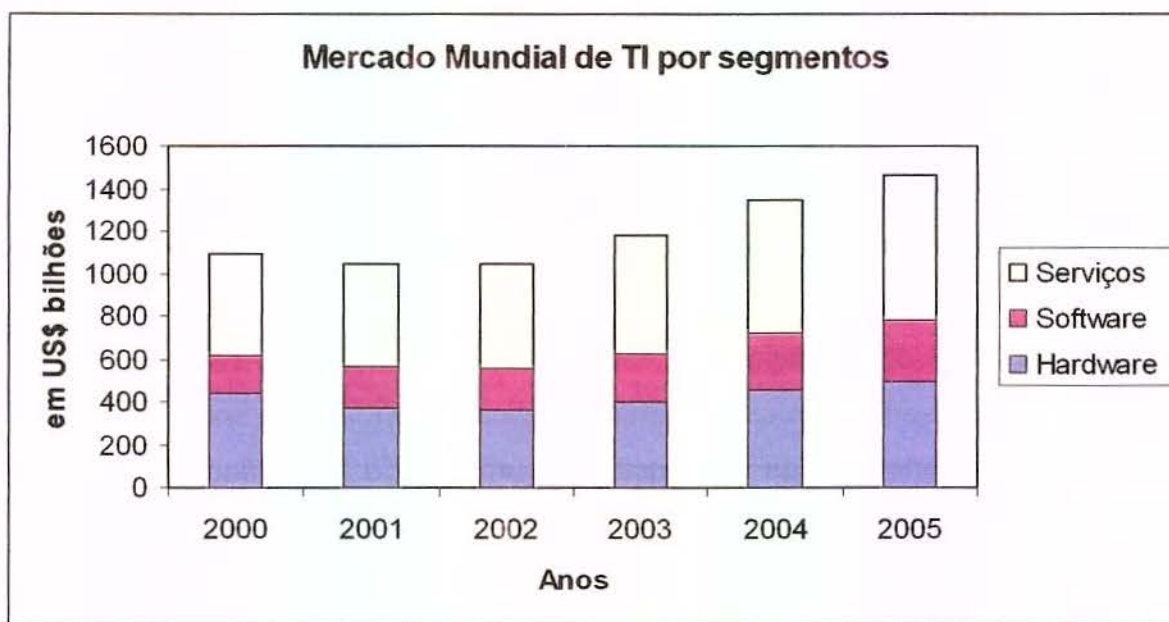
A despeito desta objeção, em 2005 o faturamento mundial somente dos bens e serviços classificados estritamente entre nos segmentos de hardware, software e serviços de TI foi de cerca de US\$ 1,46 trilhão. Deste total, 33,81% (US\$ 493 bilhões) concentraram-se na indústria de hardware, 19,8% (US\$ 288, 8 bilhões) na de software e 46,39% (US\$ 676,5 bilhões) nas atividades de serviço de TI (OECD, 2006). Conforme se pode observar no gráfico 1.1, depois da crise entre 2001 e 2002 ocasionada pelo estouro da bolha acionária na NASDAQ, o setor voltou a apresentar um crescimento significativo. Em decorrência, observou-se também a manutenção da tendência de aumento da importância relativa da indústria de TI no valor agregado industrial, e no total do emprego e do investimento agregado (OECD, 2006).

⁶ Isso porque uma parte das atividades de TI encontra-se dispersa em atividades classificadas em outros segmentos econômicos (notadamente os demais segmentos constituintes do complexo eletrônico). Conforme já fora afirmado, esse fenômeno de transbordamento das atividades de TI será abordado de maneira mais detalhada no capítulo 3.

No entanto, cabe destacar que apesar desta reaceleração, a tendência geral é que as atividades de TI não mantenham a mesma intensidade de crescimento verificada nos anos 90. Isso porque, exceto em países que ainda estão construindo a infra-estrutura básica para a consolidação e a ampliação de redes de TI como China e Índia, a demanda deve se concentrar na reposição / atualização de produtos e serviços e em inovações em segmentos específicos, principalmente aqueles relacionados com conteúdo digital e mobilidade.

Paralelamente à retomada do crescimento, também se observou uma tendência de reestruturação dentro da própria indústria, com o aumento da participação dos segmentos de serviços e de software em contrapartida da diminuição na participação do segmento de hardware (vide gráfico 1.1). Essa reestruturação, por sua vez, é reflexo em grande medida do processo de *commoditização* dos equipamentos de hardware.

Gráfico 1.1:



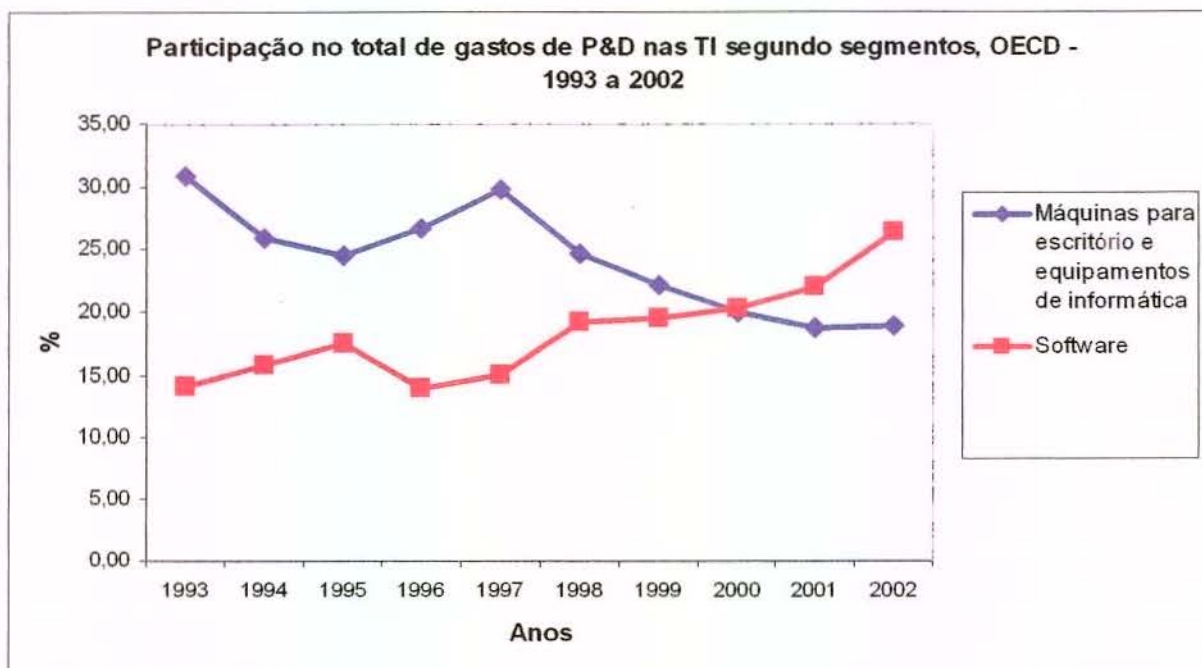
Fonte: Elaborado a partir de OECD (2006).

Conjugando esta *commoditização* ao paradigma da empresa-rede, observa-se o surgimento de uma nova cadeia global de valorização na indústria de TI. Grosso modo, conforme destaca CHESNAIS (1996), esta cadeia caracteriza-se pelo estabelecimento de uma estrutura de governança comandada pelas empresas transnacionais, na qual se observa uma grande segmentação em escala global das etapas de desenvolvimento e produção. Esta segmentação, em virtude de estar intrinsecamente relacionada com o grau de complexidade das capacitações possuídas por agentes específicos, engendra um movimento de constante incorporação de novos elos na cadeia global (KENNEY & CURRY, 2001).

É nesse cenário que se observa a integração crescente à cadeia global de TI de países asiáticos e do leste europeu. Apresentando uma combinação de baixos custos, incentivos fiscais, um conjunto mínimo de capacitações, e devido ao fato de se localizarem geograficamente próximos a importantes centros consumidores, tais países têm representado parcela importante e crescente das atividades manufatureiras da indústria de TI. Isso porque, a partir da lógica da empresa-rede, as transnacionais têm transferido sistematicamente as atividades de manufatura para firmas especializadas como as *Contract Manufacturers* (CMs), ao mesmo tempo em que têm concentrado suas atividades em segmentos com maior capacidade de criação de assimetrias competitivas. Dentre estes segmentos, destacam-se aqueles que necessitam capacitações mais complexas, que são os responsáveis pela maior parte dos gastos em P&D e, em decorrência, que apresentam maior potencial inovativo (como software).

Comprovando esta tendência de *commoditização* dos segmentos de hardware e do conseqüente deslocamento do potencial inovativo nas TI para as atividades de software, o gráfico 1.2 mostra a evolução desde 1993 da participação de cada um destes segmentos nos gastos totais de P&D da indústria. Conforme se pode observar, há uma evidente e pronunciada tendência de inversão na importância relativa de cada um dos segmentos, com a concentração dos **gastos em P&D** cada vez mais nas atividades de software.

Gráfico 1.2:



Fonte: Elaborado a partir de OECD (2006)

Nos países da OECD, o total dos gastos em P&D realizados apenas pela indústria de TI representa cerca de 0,4% do PIB, dos quais cerca de 90% concentra-se em gastos correntes (principalmente relativos ao pagamento de funcionários). Não obstante esta alta participação média no PIB, em alguns países como Finlândia, Coreia do Sul, Suécia e Japão esta porcentagem atinge valores ainda mais altos (respectivamente cerca de 1,3% , 1%, 1% e 0,7% do PIB). Apesar de ocupar apenas a sexta posição neste ranking, os EUA lideram com grande folga no que diz respeito aos valores absolutos (representando sozinho cerca de 43% do total dos gastos em P&D de todos os países da OECD) e ao número de trabalhadores dedicados em tempo integral nas atividades de P&D nas TI (360 mil).

Outra característica marcante das TI é que, a despeito do citado movimento de incorporação de novos países asiáticos e do leste europeu às cadeias globais de valorização, cerca de 86% do faturamento desta indústria ainda se concentram nos países da OECD, com notável destaque para os EUA. Com um mercado de US\$ 557 bilhões em 2005, este país responde por 38% do faturamento global das TI (OECD, 2006).

Esta grande concentração também pode ser observada quando se examina o **ranking das 10 maiores empresas** segundo segmentos de TI. Conforme mostram as tabelas 1.1, 1.2 e 1.3, a predominância dos EUA como maior mercado global de TI também se reflete (de maneira ainda mais intensa) no ranking das maiores empresas, com especial destaque para os segmentos de software e serviços de TI. Em cada um destes segmentos, apenas 2 das 10 maiores empresas não são estadunidenses. Já no segmento de equipamentos e sistemas de informática, este predomínio é amenizado, devido à presença de 3 empresas japonesas e duas manufactureiras taiwanesas entre as 10 maiores⁷.

Tabela 1.1: 10 Maiores Firms de Equipamentos e Sistemas de Informática

E milhões de US\$ e número de empregados

	<i>País</i>	<i>Faturamento</i> 2000	<i>Faturamento</i> 2005	<i>Empregados</i> 2000	<i>Empregados</i> 2005	<i>P&D</i> 2000	<i>P&D</i> 2005
IBM	EUA	85 089	96 068	316 303	330 000	5 084	5 816
Hewlett-Packard	EUA	48 870	85 172	88 500	151 000	2 627	3 490
Toshiba	Japão	53 349	51 562	190 870	165 000	3 103	3 252
Dell	EUA	25 265	49 205	40 000	55 200	374	463
Computer NEC	Japão	48 343	44 876	154 787	147 753	2 924	2 545
Fujitsu	Japão	48 484	44 512	188 053	150 970	3 722	2 245
Hon Hai Precision	Taiwan, China	2 900	16 200	9 000	166 509	..	..
Apple Computer	EUA	7 983	13 931	8 568	11 695	380	534
Sun Microsystems	EUA	15 721	11 070	43 700	31 000	1 630	1 785
Quanta Computer	Taiwan, China	2 636	10 582	..	..	..	..
Total		338 639	423 178	1 039 781	1 209 127	19 844	20 131

Fonte: Elaborado a partir de OECD (2006)

⁷ Não obstante a importância de constarem entre as 10 maiores, cabe destacar o substancial aumento do faturamento destas empresas no período entre 2000 e 2005.

Tabela 1.2: 10 maiores Firms de Software

E milhões de US\$ e número de empregados

	<i>País</i>	<i>Faturamento 2000</i>	<i>Faturamento 2005</i>	<i>Empregados 2000</i>	<i>Empregados 2005</i>	<i>P&D 2000</i>	<i>P&D 2005</i>
Microsoft	EUA	22 956	39 788	47 600	61 000	3 772	6 184
Oracle	EUA	10 231	11 799	42 927	49 872	1 010	1 481
SAP	Alemanha	7 562	9 563	24 177	34 095	1 170	1 323
Softbank	Japão	3 927	7 737	7 219	6 865	..	..
CA	EUA	6 094	3 530	18 200	15 300	1 110	690
Electronic Arts	EUA	1 420	3 129	3 500	6 100	256	633
Symantec/Veritas	EUA	746	2 583	3 800	6 500	108	332
Intuit	EUA	1 037	2 038	6 000	7 000	166	305
Amdocs	EUA	1 118	1 918	8 400	10 600	75	132
Adobe Systems	EUA	1 226	1 885	2 947	3 142	240	351
Total		56 317	83 970	164 770	200 474	7 907	11 431

Fonte: Elaborado a partir de OECD (2006)

Tabela 1.3: 10 Maiores Firms em Serviços de TI

E milhões de US\$ e número de empregados

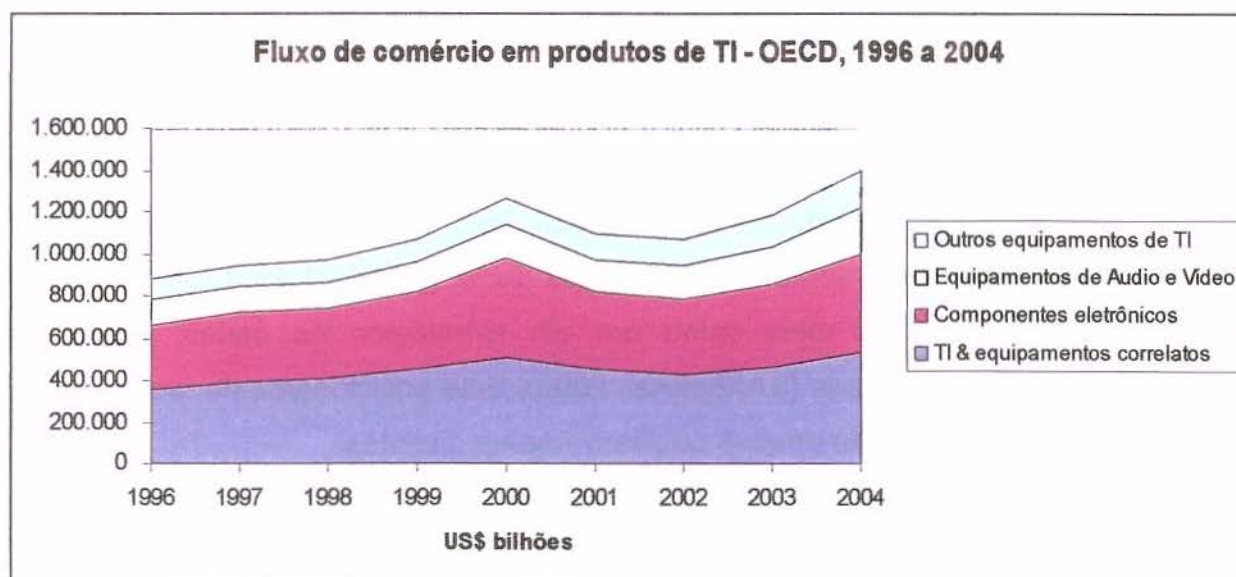
	<i>País</i>	<i>Faturamento 2000</i>	<i>Faturamento 2005</i>	<i>Empregados 2000</i>	<i>Empregados 2005</i>	<i>P&D 2000</i>	<i>P&D 2005</i>
EDS	EUA	18 856	20 377	122 000	117 000	..	..
Tech Data	EUA	16 992	19 790	10 500	8 500	..	..
Accenture	Bermudas	11 331	17 094	71 300	100 000	252	272
CSC	EUA	9 345	14 059	68 000	79 000	..	..
First Data	EUA	5 922	10 460	25 380	32 000	..	..
ADP	EUA	6 168	8 499	41 000	44 000	460	624
CapGemini	França	6 359	8 323	59 549	59 324	..	..
IAC/Interactive	EUA	2 965	7 207	20 780	26 000	..	..
SAIC	EUA	4 000	7 187	40 000	40 000	..	..
Unisys	EUA	6 885	5 772	36 900	36 400	334	283
Total		88 822	118 769	495 409	542 224	1 046	1 179

Fonte: Elaborado a partir de OECD (2006)

No que diz respeito aos **fluxos de comércio**, observa-se uma tendência de direcionamento para produtos e serviços com maior valor agregado, paralelamente ao movimento de especialização dos países em determinados segmentos das atividades de TI. Esta especialização organiza-se a partir do estabelecimento de cadeias globais de valorização e faz com que grande parte dos fluxos de comércio ocorra através de operações intra-firma.

Em virtude desta especialização ser mais intensa nas etapas manufatureiras dos processos de produção, os componentes eletrônicos (sobretudo os diversos tipos de *chips*) e os equipamentos de informática representam a maior parcela dos fluxos de comércio das TI que envolvem países da OECD (vide gráfico 1.3). Isso porque grande parte destas etapas são realizadas em firmas sub-contratadas especializadas (ERNST, 2004), localizadas em regiões como o leste europeu e o leste e sudeste asiáticos.

Gráfico 1.3:



Fonte: Elaborado a partir de OECD (2006)

Conforme mostra o gráfico 1.3, os fluxos de comércio seguiram a mesma tendência dos dados de faturamento, ou seja, passaram por um forte movimento de recuperação após o período de crise entre 2000 e 2001. Alcançando um pico

em 2004, somente o fluxo de comércio dos produtos de TI representa cerca de 10% do total dos produtos comercializados pelos países da OECD. Essa participação assume valores ainda maiores em países como Coréia do Sul, Hungria, Irlanda, Japão e México, chegando a alcançar cerca de 30% do valor total dos produtos comercializados pelos dois primeiros (OECD, 2006).

A despeito desta grande importância dos países da OECD, deve-se destacar a participação crescente nos fluxos globais de comércio de TI assumida por países não pertencentes à instituição, com especial destaque para a China (vide seção 1.3). Grosso modo, na medida em que estes países consolidam-se como importantes plataformas exportadoras, observa-se um movimento de ampliação contínua do déficit comercial dos países da OECD, com especial destaque para os EUA. No entanto, a despeito deste aparente 'deslocamento' dos países centrais, deve-se destacar que parte significativa deste comércio origina-se de unidades industriais de sua propriedade, sejam estas construídas por meio de investimento direto estrangeiro ou incorporadas às redes globais de valorização por meio de fusões e aquisições.

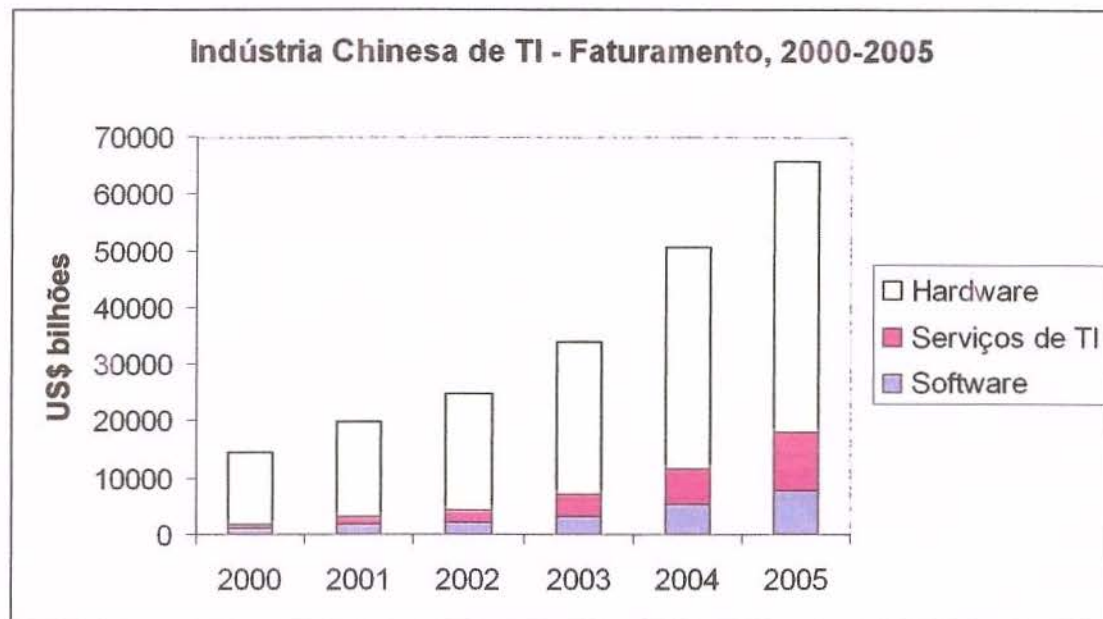
1.3 A Emergência da China como Grande *Player* Global

Com um faturamento de cerca de US\$ 65,8 bilhões e apresentando taxas significativas de crescimento nas atividades de TI (gráfico 1.4), a China tem se posicionado cada vez mais como um elo estratégico na cadeia global de valorização desta indústria (SAXENIAN, 2002). Este posicionamento, por sua vez, se desdobra em duas dimensões qualitativamente distintas.

Na **primeira** delas, a China apresenta-se como **constituente fundamental da estrutura de oferta mundial**. Isso porque, a partir do paradigma da empresa-rede, observou-se um intenso fenômeno no qual as empresas transnacionais deslocaram grande parte de suas atividades manufatureiras para China, integrando-as nas cadeias globais de valorização através dos fluxos de comércio. Em decorrência deste processo, constituiu-se uma indústria local fortemente

vinculada aos investimentos de empresas transnacionais e direcionada primariamente ao comércio exterior (ERNST & NAUGHTON, 2005).

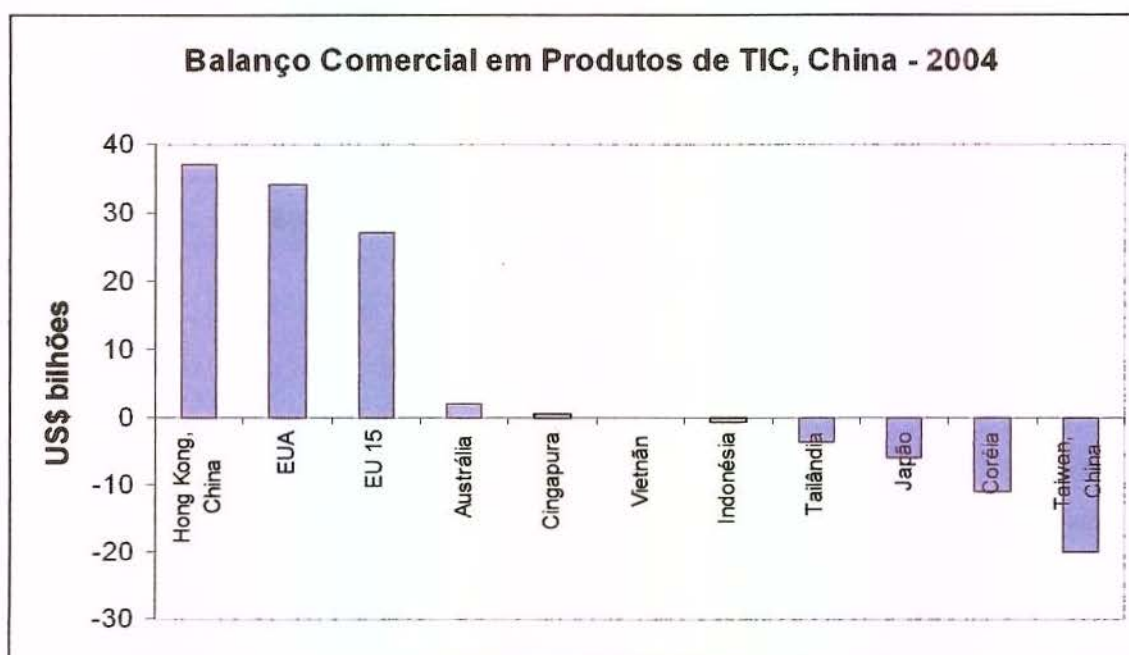
Gráfico 1.4:



Fonte: Elaborado a partir de OECD (2006)

Assim, combinando baixos custos operacionais a uma estrutura com forte ênfase em atividades manufatureiras e integrada nas redes globais, a indústria chinesa de TI tem apresentado altas taxas de crescimento de suas exportações. Estas taxas, situadas em torno de 40% no período entre 2000 e 2004 (OECD, 2006) modificaram a estrutura de comércio na indústria e fizeram com que já a partir de 2004 a China assumisse a posição de maior exportadora global de TI (superando os EUA e o Japão) (OECD, 2006). Entretanto, vale destacar que, em virtude de possuir uma estrutura produtiva especializada e com menor densidade tecnológica, parte importante destas exportações ocorre através do mecanismo de *drawback*. Por meio deste mecanismo as empresas chinesas importam peças e componentes eletrônicos de países asiáticos a fim de integrá-los através de etapas de montagem para depois revendê-los principalmente aos países da OECD (vide gráfico 1.5).

Gráfico 1.5:



Fonte: Elaborado a partir de OECD (2006)

* Vale destacar que especialmente neste gráfico os dados englobam as atividades de telecomunicações. Esse fato, por sua vez, se deve à dificuldade de obtenção de dados do comércio bilateral chinês com maior nível de desagregação.

** EU 15: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grã-Bretanha, Grécia, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Holanda, Portugal e Suécia.

A despeito de viabilizar uma pauta exportadora altamente dinâmica, a especialização em etapas manufactureiras e com baixa densidade tecnológica engendrou uma estrutura de certa forma desequilibrada, com um desenvolvimento ainda incipiente das atividades de software e de serviços de TI. Assim, apesar de observar-se uma pequena tendência de diminuição da importância dos segmentos de hardware, em 2005 estes ainda respondiam por mais de 70% do total do faturamento das TI chinesas. Tal desequilíbrio fica ainda mais evidente quando se compara esta estrutura àquela vigente nos EUA, na qual também em 2005 as participações de software, serviços de TI e hardware eram de respectivamente 50%, 25% e 25% (OECD, 2006).

Outro elemento que destaca estas diferenças estruturais entre os segmentos de TI na indústria chinesa é a força motriz do processo de

desenvolvimento da indústria local de software. Esse processo, por sua vez, está relacionado com a **segunda** dimensão qualitativamente distinta da indústria de TI chinesa qual seja, sua **articulação com as forças produtivas internas**. Isso porque, ao contrário do segmento de hardware, as atividades chinesas de software orientam-se principalmente para o mercado interno.

Segundo dados do Ministério da Indústria da Informação e da Associação da Indústria Chinesa de Software, a despeito de apresentarem altas taxas de crescimento, em 2005 as exportações da indústria de software responderam por apenas 7,4% do total de seu faturamento. Neste mesmo sentido, CARMEL & TJAN (2005) *apud* ROSELINO (2006: 99) afirmam que

“a indústria (de software) chinesa é fortemente vinculada ao setor de hardware e outras indústrias manufatureiras. A força da indústria chinesa reside no software embarcado e nas interfaces entre o software e o hardware, nas telecomunicações, comunicação de dados e tecnologias ‘sem fio’”.

A busca por uma maior articulação com as forças produtivas internas (tal qual ocorre na indústria de software), por sua vez, tem recebido atenção crescente na **formulação de políticas públicas** orientadas para os demais segmentos das TI. Isso porque os *policy makers* chineses perceberam que esta maior articulação configura-se como elemento estratégico para o adensamento tecnológico destas atividades. Em outras palavras, ao estabelecerem relações mais próximas com a estrutura produtiva interna, a indústria chinesa de TI é obrigada a fornecer um conjunto mais amplo e complexo de soluções, desempenhando novas funções que não o faz quando se insere nas etapas manufatureiras das redes globais de valorização.

Desse modo, ao exigir das empresas chinesas a realização de funções com maior grau de complexidade, essa maior integração com a estrutura produtiva local impulsiona o potencial de aprendizado tecnológico e inovativo. Em virtude destas funções serem intensivas em conhecimento tácito, esse potencial se materializa principalmente por meio dos processos de *learning by doing* e *learning*

by interacting. No primeiro processo, o desenvolvimento de capacitações tecnológicas vai se consolidando de maneira gradativa, concomitantemente à realização e repetição contínua (porém não necessariamente em escala linear) de etapas cada vez mais diversas e complexas das funções de produção e desenvolvimento de produtos e serviços. Já no processo de *learning by interacting* a criação de novas capacitações é potencializada pelo freqüente compartilhamento de conhecimentos entre agentes com interesses complementares na construção, no desenvolvimento e no aperfeiçoamento de novas soluções tecnológicas.

Com este intuito de migrar para segmentos com maior dinamismo tecnológico / inovativo e com maior capacidade de agregação de valor, várias diretrizes de políticas públicas tem sido articuladas para o período 2006-2010. Dentre estas, cabe destacar (OECD, 2006):

- Incentivo à conglomeração e à centralização de capitais, materializada na criação de 'campeões nacionais' com escalas produtiva, tecnológica e financeira que lhes habilite a competir nos mercados internacionais;
- Aumento das capacitações inovativas internas, por meio de medidas de incentivo ao P&D e desestímulo à mera obtenção de licenças de empresas estrangeiras com o intuito de se inserir globalmente via atividades manufatureiras;
- Manutenção da política governamental de suporte, de concessão de subsídios e de incentivo por meio da utilização do poder de compra público;
- Incentivo ao desenvolvimento de tecnologias voltadas à tendência de convergência entre os diferentes segmentos das TI e à geração de conteúdo digital.

Não bastasse a importância deste conjunto de medidas, vale destacar que os *policy makers* chineses têm realizado estas iniciativas de maneira coordenada e com o intuito último de estabelecer, na medida do possível, padrões / plataformas tecnológicas próprias (BASU, 2006). Conforme será discutido no

capítulo 2, estas plataformas são as grandes norteadoras da dinâmica tecnológica e inovativa das TI. Isso porque são as responsáveis pelo estabelecimento e pela evolução do conjunto de regras e padrões de arquitetura e interface que caracterizam estas atividades.

Finalizando, cabe destacar que além da amplitude destas medidas, outro (e certamente mais importante) fato que lhes confere destaque é **a evidente percepção dos *policy makers* chineses de que o aumento da densidade tecnológica de sua indústria de TI só é possível a partir da articulação destas ações de acordo com as características do paradigma tecnológico destas atividades: a competição via plataformas⁸.**

1.4. As Tecnologias de Informação no Brasil: aspectos quantitativos

No Brasil, segundo dados da PIA / IBGE (Pesquisa Industrial Anual) para o ano de 2004, somente as 285 empresas da divisão 30 da CNAE referente à “fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática” empregavam cerca de 23 mil pessoas e apresentavam um faturamento aproximado de R\$ 9,3 bilhões. Em 2003, esses números eram de 274 empresas, R\$ 8,5 bilhões de faturamento e 20 mil empregos.

A partir de uma classificação mais ampla (na qual estão incluídas as empresas fabricantes de equipamentos e de bens de consumo do segmento de telecomunicações, entre outros segmentos menos importantes⁹), dados da OECD (2006) apontam para um faturamento de US\$ 15,9 bilhões da indústria brasileira de hardware no ano de 2005. Não obstante apresentar valores expressivos, estes dados ainda mostram que o referido segmento tem crescido de maneira

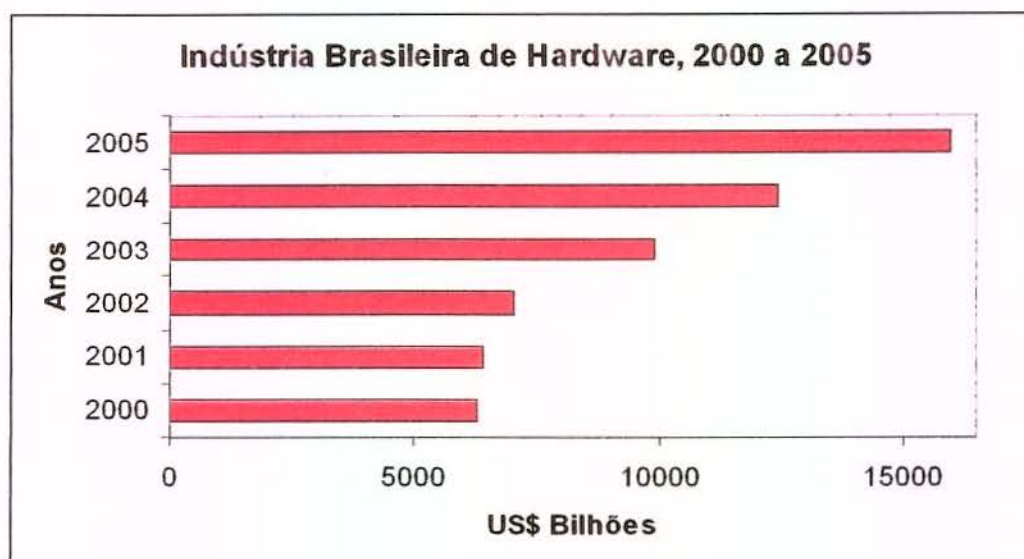
⁸ Esta preocupação dos *policy makers* com a coordenação das políticas a partir da compreensão dos padrões / plataformas tecnológicas como elemento central da dinâmica concorrencial e inovativa nas TI fica evidente em documentos como o ‘11º Plano Quinquenal (2006 – 2011)’ e o ‘Plano Estatal de Médio e Longo Prazo de Ciência e Tecnologia’.

A exposição da centralidade da competição via plataformas como elemento condicionante da dinâmica concorrencial e inovativa nas atividades de TI será realizada no capítulo 2, com especial destaque para os itens 2.2 e 2.3.

⁹ Para maior detalhes sobre os segmentos constituintes indústria de TI segundo a OECD, ver OECD (2005).

substantial nos últimos anos (saltando de um faturamento de US\$ 6,2 bilhões em 2000 para US\$ 12,4 bilhões em 2004) (vide gráfico 1.6).

Gráfico 1.6:



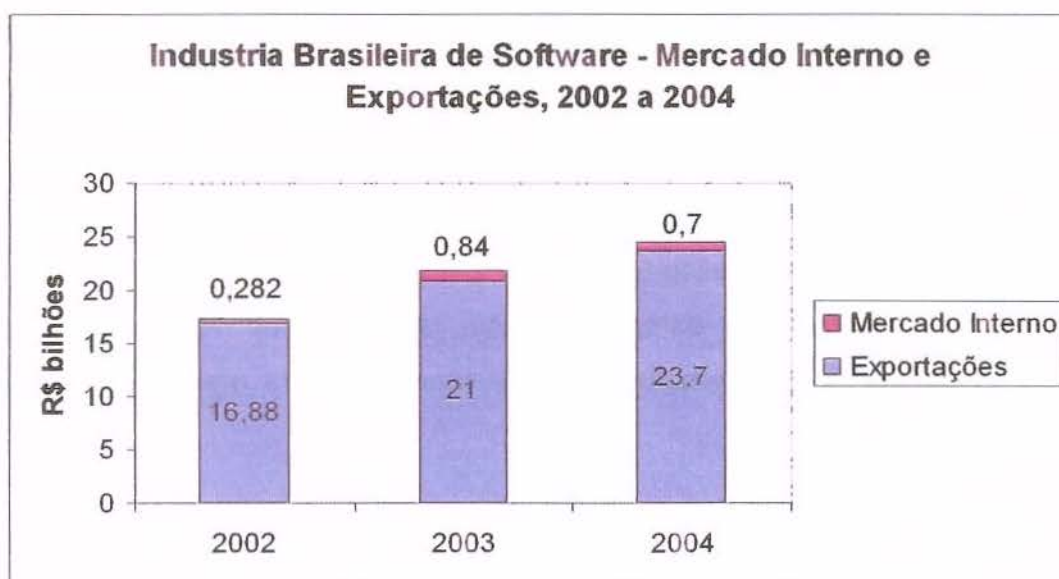
Fonte: Elaborado a partir de OECD (2006)

No entanto, vale destacar que, apesar de apresentarem um alto faturamento, em 2004 o valor da transformação industrial nas empresas locais de equipamentos de informática correspondeu a apenas 24% do total de seu faturamento (PIA / IBGE). Por um lado, este número traz indícios no sentido de corroborar a inserção de empresas brasileiras em cadeias globais de valorização. Por outro, destaca a necessidade de se adensar os elos da cadeia produtiva, aumentando assim tanto a agregação de valor quanto o conteúdo tecnológico desenvolvidos localmente. Entretanto, apesar de sua importância em termos tecnológicos, comerciais e de geração de renda, a realização deste adensamento configura-se como uma estratégia complexa e de longo prazo, uma vez que tem como pré-condição o estabelecimento local de indústrias que atuam na fase de concepção e desenvolvimento (**porém não necessariamente de produção**) de **circuitos integrados**¹⁰.

¹⁰ Para uma discussão sobre os limites e as possibilidades da implantação de uma indústria de circuitos integrados no Brasil ver, entre outros, GUTIERREZ & LEAL (2004).

Já a indústria brasileira de software caracterizava-se como a sétima maior do mundo em 2001, apresentando um faturamento de US\$ 7,7 bilhões e empregando cerca de 160 mil pessoas (M.I.T., 2002). Segundo dados da PAS / IBGE (Pesquisa Anual de Serviços), em 2003 esta indústria apresentou um faturamento de R\$ 21 bilhões¹¹ (dos quais cerca de R\$ 840 milhões advindos de atividades de exportação) e empregou cerca de 242 mil pessoas. Seguindo a tendência de crescimento global das atividades de TI, em 2004 os números referentes a faturamento e emprego foram de respectivamente R\$ 24,4 bilhões. (sendo R\$ 700 milhões oriundos do mercado externo) e 264 mil (vide gráfico 1.7).

Gráfico 1.7:



Fonte: Elaborado a partir de IBGE / PAS (2002 a 2004)

¹¹ Cumpre destacar que os objetos de investigação da PAS / IBGE são as empresas de serviço, dentre as quais se enquadram apenas as empresas voltadas unicamente à realização de atividades de software (classificadas na divisão 72 da CNAE). Assim, como grande parte destas atividades está dispersa em outros segmentos de atividades econômicas (como em empresas industriais do complexo eletrônico, de telecomunicações e financeiras), as estatísticas apresentadas pela PAS / IBGE subestimam a dimensão real do conjunto das atividades brasileiras de software.

Apesar do mercado brasileiro apresentar uma dimensão significativa inclusive em escala internacional, nota-se que as empresas locais de software caracterizam-se, grosso modo, por seu pequeno tamanho frente às empresas transnacionais. Esta tendência pode ser observada facilmente quando se examinam os dados relativos a faturamento médio (cerca de R\$ 520 mil por empresa e cerca de R\$ 92,5 mil por empregado) e tamanho médio (5,6 empregados por empresa) referentes ao ano de 2004. Desse modo, conforme sugere ROSELINO (2006: 198), com o intuito de se amenizar esta desvantagem competitiva estrutural, “as políticas públicas voltadas ao software deveriam privilegiar instrumentos que promovam a consolidação das empresas nacionais”. Dentre estes instrumentos, destacam-se “o financiamento da expansão de sua atuação, suporte para operações de fusões e aquisições e incentivo à internacionalização em casos em que se identifique efetivo potencial exportador”.

Outro importante instrumento para se impulsionar o aumento da competitividade da indústria brasileira de TI é o estabelecimento de medidas de apoio à atividade inovativa. Isso porque tais medidas, ao incentivarem a endogeneização do progresso técnico por parte das empresas locais, permitem a criação de competências complexas. Este fato, por sua vez, contribui para o aumento da densidade tecnológica e da capacidade de agregação de valor da indústria local.

Capítulo 2: Paradigmas Tecnológicos nas Atividades de Tecnologia de Informação

Este capítulo descreve e analisa o paradigma tecnológico vigente nas atividades de Tecnologia de Informação (TI). Em consonância com a definição proposta por DOSI (1982), procura analisar a dinâmica concorrencial e inovativa destas atividades a partir do exame do padrão de comportamento característico de suas empresas.

Para DOSI (1982), um paradigma tecnológico caracteriza-se como um padrão de solução de problemas tecnológicos e econômicos a partir da adoção de um conjunto de procedimentos, da delimitação de problemas relevantes e da pesquisa acerca de conhecimentos específicos com o intuito último de se criar assimetrias competitivas. Segundo o autor, os paradigmas tecnológicos, na medida em que delimitam, condicionam e direcionam as estratégias competitivas, criam mecanismos de *feedback* e consolidam trajetórias tecnológicas que têm implicações diretas na dinâmica concorrencial e inovativa (DOSI, 1982). Ou seja, cada paradigma tecnológico, uma vez que envolve determinados métodos de resolução de problemas e bases de conhecimento distintas, é responsável pela criação de trajetórias tecnológicas específicas.

A partir da evolução destas trajetórias, criam-se diferentes possibilidades de transformações tecnológicas, as quais caracterizam-se por apresentar fortes efeitos de cumulatividade. É justamente por meio desse processo de escolha das estratégias viabilizadas pelas trajetórias tecnológicas, e condicionadas em última instância pelo paradigma tecnológico, que se estabelecem as principais características da dinâmica concorrencial e inovativa (DOSI, 1988).

Em síntese, a partir deste arcabouço, esta dissertação buscará compreender os aspectos tecnológicos e concorrenciais nas atividades de TI por meio de um sentido de causalidade no qual o paradigma tecnológico é o agente responsável pelo estabelecimento das trajetórias tecnológicas. Neste sentido de causalidade, em consequência do estabelecimento das trajetórias, observa-se a criação de inúmeras

possibilidades de avanço tecnológico, as quais criam efeitos de cumulatividade e afetam a dinâmica concorrencial e inovativa.

No entanto, vale destacar que apesar da abordagem utilizada por este trabalho se concentrar no exame desta dinâmica a partir de um sentido de causalidade unidirecional, a abordagem sugerida por DOSI (1988) é mais ampla, uma vez que além da interdependência, também demonstra a possibilidade de determinação mútua entre paradigma tecnológico e trajetória tecnológica.

Como esforço inicial de construção desta estrutura analítica, a seção 2.1 examina o fenômeno que está na base de sustentação do atual paradigma tecnológico das TI a saber, a modularização. Num primeiro momento procura-se descrever de maneira minuciosa as características técnicas, limitações e potencialidades deste processo. Em seguida, procura-se mostrar de maneira geral que as evoluções e transformações na modularização são as condicionantes em última instância tanto da configuração da cadeia de valor quanto das transformações tecnológicas das TI.

A seção 2.2 procura examinar os mecanismos por meio dos quais a vigência de um paradigma tecnológico orientado por processos de modularização condiciona a dinâmica concorrencial e inovativa no setor. Para tal, a seção analisa a importância da organização da indústria de TI em torno de plataformas tecnológicas, as quais configuram-se como instrumento de coordenação do processo inovativo e de confronto entre diferentes paradigmas tecnológicos.

Finalizando o capítulo, a seção 2.3 procura mostrar de que maneira a busca pela criação de assimetrias competitivas por meio do controle das plataformas tecnológicas influencia as estratégias concorrenciais na indústria de TI. Neste sentido, a seção examina estas estratégias a partir de uma estrutura analítica que aborda diferentes aspectos das firmas, como escopo, tecnologia do produto, relacionamento com firmas complementares e organização interna.

2.1 Desenvolvimento Tecnológico nas Atividades de Tecnologia de Informação: a Importância da Modularização

A modularização pode ser entendida como um processo através do qual tarefas e especificações são divididas e processadas de maneira independente por diferentes módulos. Esses módulos, por sua vez, são caracterizados como partes distintas, autônomas e que exercem funções específicas de um sistema maior, combinando-se para funcionarem conjuntamente como um todo. São unidades que apresentam elementos estruturais que são ao mesmo tempo fortemente conectados entre si (conexões intra-módulo) e pouco interligados com elementos de outras unidades (conexões inter-módulos) (GAWER & CUSOMANO, 2002a). Sendo assim, podem ser combinados de diferentes maneiras a fim de se transformarem em um determinado artefato.

Grosso modo, o processo de modularização configura-se a partir da concepção de uma estrutura que busque estabelecer parâmetros gerais acerca do funcionamento de todas as partes que compõe determinado sistema. Em outras palavras, o processo envolve a elaboração de um conjunto de regras e padrões de *design* que norteiam e condicionam o posterior estabelecimento de arquiteturas, interfaces e de um conjunto de testes acerca do funcionamento dos módulos.

A despeito deste processo poder ser aplicado em três objetos qualitativamente distintos (modularização no *design*, na produção e no uso), o arcabouço conceitual necessário para a compreensão do fenômeno em suas distintas manifestações é essencialmente o mesmo. Entretanto, dado sua maior importância para o dinamismo tecnológico nas atividades em TI, esta exposição se concentrará na análise da modularização nas atividades de concepção e *design*.

As atividades de concepção e de *design* situam-se em uma posição hierarquicamente superior no processo de modularização, visto que são as responsáveis pelo estabelecimento dos parâmetros que atendem os três objetivos gerais do processo de modularização: *i*) tornar a complexidade gerenciável, *ii*) viabilizar e organizar o trabalho de maneira paralela e independente entre os módulos e *iii*)

diminuir a inter-dependência entre os módulos de maneira a facilitar o aprimoramento futuro e diminuir as incertezas quanto ao funcionamento do sistema completo.

Num primeiro momento, ao viabilizar a divisão do trabalho cognitivo a modularização permite que o desenvolvimento de tarefas que necessitam de diferentes competências específicas seja segmentado (WILLIAMSON, 1999). Em virtude da dificuldade de codificação do conhecimento, dado seu caráter tácito, essa segmentação tende a influenciar positivamente no desenvolvimento de funções complexas. Isso porque a circunscrição intra-módulo de cada conjunto de tarefas que exigem capacitações específicas permite um melhor gerenciamento da complexidade dos projetos.

Paralelamente, essa circunscrição também permite que o trabalho seja realizado de maneira concomitante e independente por diferentes equipes. Tal fato, na medida em que elimina a intersecção de responsabilidades e o confronto de objetivos entre diferentes equipes, diminui de maneira significativa a necessidade de coordenação simultânea de todas as fases do projeto. Ou seja, uma vez que as atribuições específicas a cada módulo derivam de padrões de *design* pré-estabelecidos, observa-se um alto grau de independência nas etapas de desenvolvimento do projeto.

Finalmente, em decorrência do estabelecimento dessa organização descentralizada, o processo de modularização cria mecanismos que favorecem o aprimoramento futuro e reduzem as incertezas acerca do funcionamento do sistema completo. Os padrões de *design*, ao eliminarem as interseções e interdependências entre o funcionamento próprio de diferentes módulos, permitem que modificações e inovações ocorram de maneira incremental. Em outras palavras, uma vez que o sistema é fragmentado em partes independentes, o aprimoramento futuro pode ser facilmente delimitado a determinadas funções e módulos específicos.

Assim, a partir desta fragmentação, observa-se tanto um favorecimento do esforço de incorporação de inovações incrementais quanto uma diminuição da incerteza acerca do funcionamento do sistema como um todo. Tais benefícios, por sua vez, apresentam-se com maior intensidade nas fases iniciais de concepção e produção.

No entanto, apesar de seus inúmeros potenciais benefícios, o processo de modularização não se aplica em todas as atividades econômicas. A fim de que esses benefícios possam se efetivar, é necessário que os objetos da modularização apresentem um conjunto mínimo de determinadas características, entre as quais serem passíveis de mapeamento, medição, rastreamento e análise (BALDWIN & CLARK 2000). Em síntese, é necessário que os objetos possibilitem o controle de grande parte do funcionamento do sistema através do estabelecimento de normas e regras.

Uma vez apresentadas estas características, a consecução dos objetivos do processo de modularização está intrinsecamente relacionada com a capacidade de elaboração de um conjunto de regras e padrões de *design* que consiga estruturar e coordenar de maneira eficiente toda a complexidade do funcionamento do sistema.

A tarefa inicial desse processo consiste em identificar as inter-dependências cíclicas entre os diversos blocos do sistema. A partir desta identificação inicia-se o processo de elaboração de arquiteturas, as quais têm por objetivo principal eliminar estas inter-dependências. As arquiteturas caracterizam-se por estabelecer um conjunto de decisões acerca da funcionalidade dos sistemas, ou seja, pela elaboração de regras que atribuam responsabilidades a diferentes blocos, organizem seu funcionamento e delimitem seus escopos de atuação. É exatamente nesta etapa em que são tomadas as decisões acerca do grau de segmentação e dispersão das capacitações entre os agentes componentes do sistema modularizado.

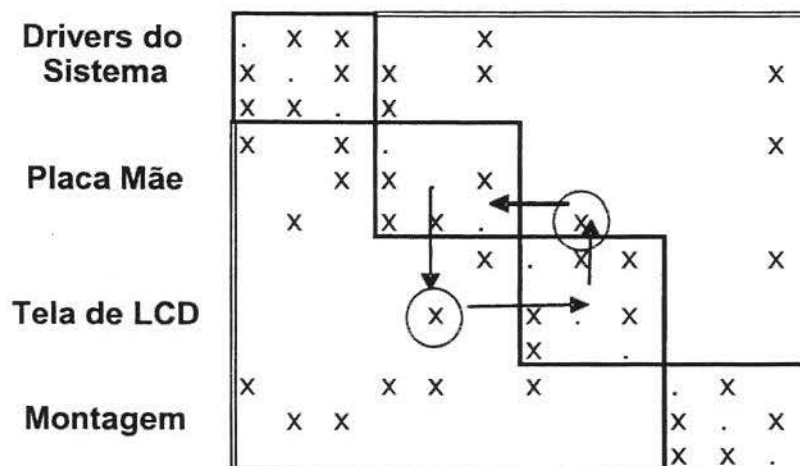
A partir desta delimitação de funcionalidades entre diferentes blocos, surge a necessidade de estabelecer a interação entre estes a fim de se viabilizar o funcionamento do sistema como um todo. Para tal, as regras de *design* devem estabelecer padrões sobre a maneira por meio da qual ocorrerá a interface entre os blocos. Entendidos como uma ligação entre dois objetos qualitativamente distintos, os padrões de interface estabelecem as normas que pautarão a transmissão de informações e o grau de inter-conectividade dos blocos.

Uma vez estabelecidos os padrões de arquitetura e de interface do sistema, dada a complexidade das soluções de engenharia envolvidas nesse processo, há a necessidade de se criar procedimentos de integração e de testes do funcionamento

conjunto dos diferentes blocos. Esses procedimentos procuram identificar e corrigir eventuais problemas de incompatibilidade entre os diferentes blocos a fim de que o sistema funcione como um todo.

Depois de terem sido eliminadas as inter-dependências cíclicas, segmentadas as funções e estabelecidas as interfaces, conclui-se o processo de modularização. Em síntese, observa-se que no intuito de possibilitar o processamento independente de tarefas e funcionalidades por meio de módulos, as regras de *design* estabelecem padrões de arquitetura, de interface e de integração dos sistemas. Por sua vez, o estabelecimento e a evolução destes conjuntos de regras e padrões pode ser expresso, grosso modo, através do conceito de plataforma¹².

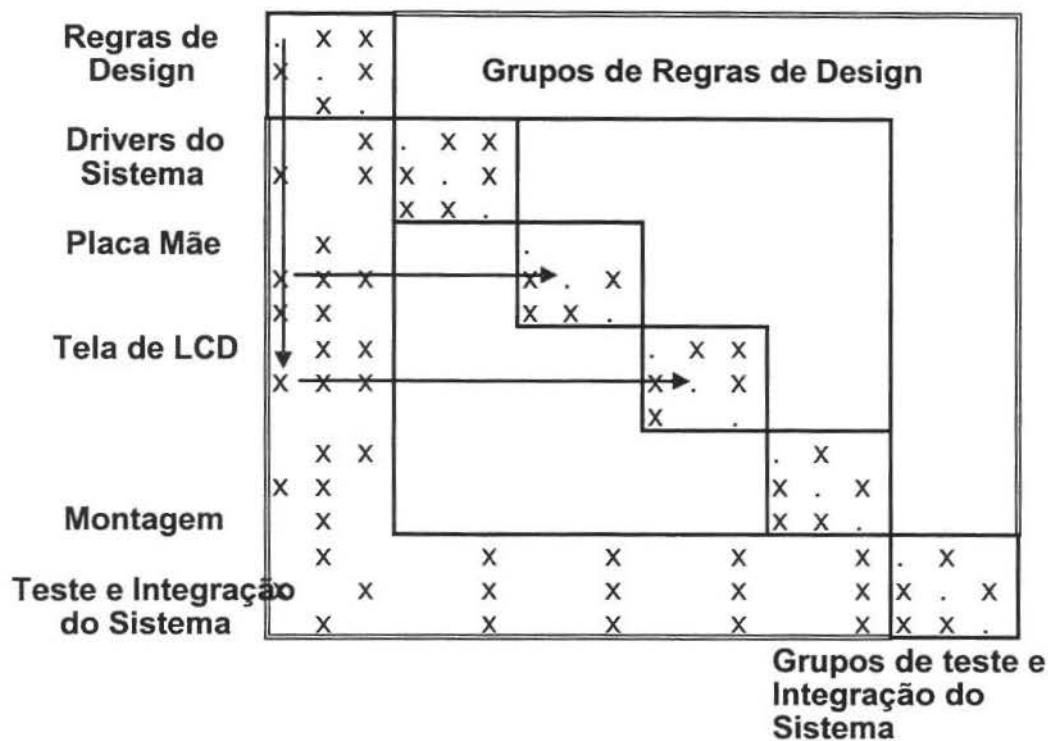
Figura 2.1 - Sistema Inter-Dependente



Fonte: adaptado a partir de Baldwin & Clark (2003)

¹² Uma definição mais completa, assim como a análise pormenorizada das implicações do conceito de plataforma sobre a dinâmica concorrencial e inovativa das atividades de TI serão apresentadas na próxima seção.

Figura 2.2 - Sistema Modular



Fonte: adaptado a partir de Baldwin & Clark (2003)

Uma boa ilustração dos efeitos da aplicação da modularização ao processo de criação de padrões de *design* em micro-computadores pode ser observada nas figuras 2.1 e 2.2. A partir da técnica DSM (*Design Structure Matrix Mapping*), BALDWIN & CLARK (2003) ilustram a transformação de um sistema inter-dependente em um sistema modular. A interpretação da figura é a seguinte: primeiramente os parâmetros de *design* são listados nas colunas e nas linhas; em seguida, a matriz é preenchida através da verificação – para cada parâmetro – da existência de dependência entre este e os demais parâmetros do sistema. Por exemplo, se o parâmetro A afeta o parâmetro B, haverá um 'X' na célula onde há a intersecção entre a coluna A e a linha B.

Como é possível observar nessas figuras, no sistema inter-dependente quaisquer alterações em determinados parâmetros implicam potenciais impactos sobre todo o sistema. Já no sistema modular, duas etapas adicionais são incluídas (Regras de Design e Teste, e Integração do Sistema) e as modificações em parâmetros específicos só afetam o funcionamento dos módulos aos quais estão diretamente subordinados

(conforme pode ser observado através da ausência de inter-dependências ou 'X' externos aos módulos).

Em decorrência dessa modularização e da conseguinte segmentação das capacitações, na medida em que os processos de aprendizado aprofundam os conhecimentos, multiplicam-se as possibilidades de experimentação em cada módulo. Além disso, o desenvolvimento de novas capacitações com o intuito de solucionar problemas específicos no processo de consolidação do sistema traz consigo **a possibilidade permanente da criação de novos módulos não previstos anteriormente**. Conforme lembram BRESNAHAN & RICHARDS (1999), **é justamente nessa possibilidade que reside grande parte do potencial inovativo de uma estrutura modularizada**. A efetivação deste potencial, por sua vez, é condicionada pelo grau de dispersão das capacitações tecnológicas e pela geração de externalidades de rede (ARTHUR, 1990). Uma boa ilustração deste fenômeno foi a introdução de um novo módulo (navegador) no sistema operacional Windows. Este módulo, ao mesmo tempo em que viabilizou a conexão dos micro-computadores equipados com este sistema operacional via internet, beneficiou-se das externalidades de rede decorrentes do domínio da plataforma pela Microsoft para derrotar seus competidores¹³.

Um alto grau de dispersão das capacitações é condição necessária, porém não suficiente, para que se potencialize o processo de experimentação contínua e a inovação nos mais diversos módulos. Como estes módulos são concebidos como blocos de funcionamento autônomo, não é necessário que a cada processo de experimentação sejam levadas em consideração as interdependências com os demais módulos do sistema. Essa autonomia de funcionamento influencia positivamente o processo inovativo ao diminuir tanto seus riscos e incertezas quanto o conjunto mínimo de capacitações necessárias a cada agente.

Paralelamente, a modularização também permite a geração de externalidades de rede, as quais têm efeitos indiretos muito importantes sobre o processo inovativo. Uma vez que a percepção pelo mercado do valor e da utilidade de um sistema completo

¹³ Para um exame detalhado deste episódio e a descrição de seus impactos sobre as estruturas tecnológicas e concorrenciais da indústria de TI ver BRESNAHAN (2000)

está intrinsecamente relacionada com a disponibilidade de funcionalidades complementares, os efeitos da inovação em módulos específicos transbordam para o todo o sistema. Em outras palavras, como os efeitos positivos não são capturados unicamente pelo agente inovador individual, torna-se interessante o estabelecimento de parcerias inovativas entre as equipes responsáveis por cada módulo. Esse fenômeno tende a **influenciar positivamente os retornos financeiros aferidos por cada agente frente aos seus dispêndios em atividades inovativas**. Nesse cenário, **os riscos são diluídos e cria-se um ambiente de incentivo mútuo acerca do aprimoramento constante nos diversos módulos**. Exemplos deste fenômeno podem ser observados através do exame das parcerias entre Microsoft e Intel (para o desenvolvimento de arquiteturas de hardware e software) e mais recentemente entre Apple e Google (na qual esta última proverá conteúdo via internet aos celulares I-Phone).

Além das implicações sobre o processo de evolução tecnológica, a modularização também afeta diretamente a estrutura de governança e a cadeia de valor de determinado sistema. Dadas as características técnicas da implementação de uma estrutura modularizada, os agentes responsáveis pelo estabelecimento das regras e padrões de *design* ocupam uma posição privilegiada no sistema. Como são os principais responsáveis pela delimitação do escopo deste, detêm poder significativo sobre questões como o grau de abertura da arquitetura, a maneira em que ocorrerão as interfaces, a intensidade da modularização das funcionalidades relacionadas com a tecnologia *core* do sistema, entre outras. Enfim, a partir das especificações dos padrões de *design*, condicionam em última instância o funcionamento e a evolução do sistema.

Apesar da evidente influência sobre a organização e o desenvolvimento do sistema, os poderes dos formuladores dos padrões de *design* são limitados por seu interesse na criação e na viabilidade econômica de módulos complementares. Assim, os objetivos de suas decisões estratégicas desdobram-se em dois. Em primeiro lugar, buscam **potencializar a concentração das vantagens oriundas das economias de rede nos agentes responsáveis pela elaboração das especificações do sistema**. Paralelamente, também procuram **viabilizar o desenvolvimento de módulos e funcionalidades complementares, dada a contribuição destes para o aumento do valor do sistema como um todo**.

Em decorrência destas ações, emergem duas questões centrais sobre a organização da estrutura competitiva em sistemas modularizados.

A primeira delas diz respeito à maneira específica através da qual ocorre a coordenação entre os agentes responsáveis pelos diferentes módulos. A despeito do desenvolvimento destes estar condicionado em última instância pelas arquiteturas e interfaces, a conjugação do aprendizado tecnológico ao incentivo à constante experimentação fazem com que a evolução dos padrões pré-estabelecidos seja uma ameaça permanente à estabilidade do sistema.

A segunda está relacionada com o permanente incentivo à entrada de novos agentes. Na medida em que há um alto grau de segmentação das capacitações tecnológicas exigidas, não é necessário um acúmulo prévio de uma complexa gama de conhecimentos. Este fato, por sua vez, tende a diluir as barreiras à entrada. Além disso, ao poderem se beneficiar das economias de rede oriundas de um sistema já consolidado, os riscos econômicos dos novos entrantes diminuem substancialmente. Assim, nota-se que a conjugação dos efeitos destas duas questões, a despeito de influenciar positivamente o potencial de evolução tecnológica do sistema, confere um certo grau de instabilidade intrínseca ao padrão vigente.

Outro importante desdobramento destes efeitos sobre a estrutura concorrencial em indústrias onde predomine a componentização é a conjugação simultânea de duas tendências antagônicas. Conforme destaca ROSELINO (2006: 21-22, grifos originais) estas podem ser personificadas em i) (...) “uma ‘tendência **centrípeta**’ atuando em direção à concentração das atividades (...) em um pequeno número de empresas com posições fortemente estabelecidas” e ii) uma ‘contra-tendência **centrífuga**’ agindo no sentido de criar oportunidades para empresas entrantes com a abertura de novos campos de atuação e aplicações inovadoras (...)”.

A tendência centrípeta está estritamente vinculada aos efeitos decorrentes das economias de rede. Em outras palavras, na medida em que estas economias tendem a gerar externalidades positivas crescentes e que beneficiam todos os segmentos relacionados a determinado sistema (firmas produtoras, fornecedoras e usuários, entre outros), atuam no sentido de consolidar padrões tecnológicos vigentes (ARTHUR,

1988). Em decorrência, há uma forte tendência de concentração dos recursos financeiros nas empresas líderes destes padrões, ou seja, aquelas responsáveis pelo estabelecimento e controle do sistema. Tal movimento, na medida em que se acentua, gera mecanismos de *feedback* que, no limite, podem levar à constituição de monopólios.

Paralelamente, a tendência centrífuga atua no sentido de tornar as estruturas de mercado menos concentradas. Essa tendência está relacionada com a presença de baixas barreiras à entrada, as quais são potencializadas pela segmentação de capacitações proporcionadas pela modularização. Nesse sentido, são viabilizadas fundamentalmente em virtude da criação de novas oportunidades propiciadas pela constante evolução do sistema vigente. Esse fenômeno decorre do fato de que o estabelecimento de funcionalidades complementares não exige o domínio de todo o conjunto de competências do sistema, e também dos efeitos que as economias de rede exercem sobre a redução de incertezas no ato de incorporação de novas funcionalidades nesses sistemas já estabelecidos.

A confrontação destas tendências, permeada pelos graus de intensidade que assumem em diferentes padrões tecnológicos é a grande responsável pela configuração das estruturas de mercado em estruturas modularizadas. Enquanto que a **tendência à concentração tende a ser preponderante em momentos de estabilidade tecnológica, a tendência à desconcentração se sobrepõe em momentos de instabilidade e rupturas nos padrões vigentes.**

Finalizando a análise sobre o processo de modularização, depois de se descrever sua elaboração, seus objetivos e características, além de seus impactos sobre a estrutura concorrencial e inovativa, cumpre deixar claro que este processo também envolve alguns custos.

Primeiramente, é necessária a criação de padrões de *design* que eliminem todas as inter-dependências dos blocos do sistema, segmentando-o em módulos autônomos. Tal processo envolve complexas e custosas soluções de engenharia, como a elaboração de arquiteturas e a realização de experimentos e testes.

Além disso, é necessário que haja uma grande disseminação e aceitação destes padrões por parte dos agentes responsáveis por cada módulo. Ou seja, a fim de que se engendre uma estrutura capaz de gerar economias de rede, a presença de uma certa liderança consentida entre os integrantes do sistema é uma prerrogativa essencial.

Por último, porém não menos importante, ainda vale destacar que a despeito do grande potencial de criação de valor inerente a uma estrutura modularizada, esse valor é facilmente transbordado. Esta dificuldade de apropriação, por sua vez, cria diversos riscos e incertezas, principalmente no que tange aos potenciais benefícios apropriados pelo líder da plataforma.

A análise dos efeitos destes custos permeada pelas implicações que o processo de modularização exerce sobre a estrutura concorrencial e inovativa torna-se então elemento fundamental para a compreensão de sistemas modularizados. Uma vez que **tal fenômeno é característica fundamental das atividades de TI, é a partir da perspectiva da modularização e da conseguinte formação de plataformas tecnológicas que se deve analisar sua dinâmica concorrencial e inovativa.**

2.2 Coordenação do Processo Inovativo e Confrontamento entre Diferentes Paradigmas Tecnológicos nas TI: a Importância das Plataformas

A aplicação do processo de modularização nas atividades de TI, ao modificar os paradigmas tecnológicos do setor, criou as bases que viabilizaram a drástica reconfiguração de suas estruturas de mercado.

Ao fracionar o conjunto de tarefas e funcionalidades de um sistema em módulos distintos e autônomos, potencializou o processo de segmentação de capacitações entre agentes. Essa segmentação, por sua vez, ao diminuir as barreiras tecnológicas à entrada, incentivou a criação de novas empresas em segmentos específicos de mercado. De maneira complementar a esse processo, o rápido avanço tecnológico viabilizou a aplicação das TIs em uma ampla gama de atividades, fato este que potencializou as oportunidades de consolidação de novos entrantes.

Em decorrência destas transformações oriundas em grande medida do novo paradigma tecnológico, observou-se uma reconfiguração das estruturas de mercado em direção a um cenário mais desintegrado. Essa desintegração, por sua vez, aplicou-se nas esferas econômica e tecnológica, e modificou as correlações de força entre os agentes da indústria.

Com a emergência de uma estrutura de mercado descentralizada, surgem as necessidades de se estabelecer padrões mínimos de coordenação entre agentes localizados nos mais diversos segmentos. É nesse contexto que pode ser entendido o conceito de plataforma tecnológica.

A partir de uma abordagem ampla, semelhante àquela adotada por autores como BRESNAHAN & GREESTIN (1999), GAWER & HERDERSON (2005), CUSOMANO & GAWER (2001) e WEST (2003), a plataforma tecnológica pode ser entendida como um sistema passível de evolução, composto por componentes independentes que possuem capacidade inovativa própria. Aplicando esta abordagem às atividades de TI, uma definição mais específica é aquela que entende uma plataforma como o estabelecimento e a evolução de um conjunto de regras e padrões de arquitetura e interface que possibilitam o processamento independente de tarefas e funcionalidades por meio de módulos distintos.

Num setor caracterizado pelo alto dinamismo e pela complexidade tecnológica como o de TI, esses módulos buscam prover soluções altamente específicas, configurando-se cada vez mais como produtos complementares às funcionalidades *core* da plataforma.

Em virtude da rápida e incessante evolução tecnológica verificada no setor, a resolução de novos problemas bem como a exploração de novos nichos de mercado constituem-se em fontes exponenciais de oportunidades inexploradas. O pleno aproveitamento destas possibilidades, por sua vez, está intrinsecamente relacionado com o domínio de um conjunto de capacitações, cada vez mais complexas e específicas. Dada a impossibilidade de um único agente, ou até mesmo um grupo restrito destes, dominarem esse conjunto complexo de capacitações, observa-se um

espraiamento da capacidade inovativa entre os diversos módulos da plataforma (vide figura 2.3, para exemplos de alguns segmentos de mercado nas atividades de TI).

Figura 2.3: Módulos / Segmentos e Respektivas Firmas e Produtos da Indústria de TI

Módulos / Segmentos	Algumas Empresas e Produtos
Aplicativos para Clientes	MS Office
Sistemas Operacionais para Clientes	Windows
Navegadores	IE, Navigator
Sistemas para Clientes	Dell, IBM, Compaq
Microprocessadores para Clientes	Intel
Tecnologias Compartilhadas	DCOM, Corba, JAVA – RMI
Compartilhamento e Fulfillment	Dell, Compaq
Acessos em Rede	AOL, ISPs, MSN
Sistemas Operacionais para Redes	CISCO
Sistemas Operacionais LAN	NOVELL, Windows NT
Sistemas Operacionais para Servidores	UNIX, 3090, Windows NT
Banco de dados para Servidores	Oracle 8, DB2, MS SQL-Server
Sistemas para Servidores	HP, SUN, IBM, Windows NT
Groupware	Notes, Many
Software sob Encomenda	EDS, Perot Systems, Andersen
Sistemas Empresariais – ERPs	SAP, Baan, PeopleSoft
Serviços e Suporte	IBM (ISSC), Compaq, HP

Fonte: Adaptado a partir de BRESNAHAN (1998)

Sendo assim, em decorrência dos padrões tecnológicos que habilitam as funcionalidades centrais das plataformas serem caracterizados por uma relativa

estabilidade, observa-se que **a inovação em módulos ou produtos complementares se configura como o elemento central da dinâmica inovativa nas plataformas de TI.**

Com um processo inovativo descentralizado, não só a evolução tecnológica mas também a consolidação econômica das plataformas passam a depender cada vez mais do melhoramento e da incorporação de novas funcionalidades em produtos complementares. Isso porque o aumento constante das funcionalidades derivadas da inovação em produtos complementares tem a capacidade de influenciar a consolidação das plataformas.

Esse fenômeno ocorre basicamente em função das externalidades de rede. Isso porque as externalidades de rede criam retornos positivos cujos impactos se disseminam entre todos os agentes constituintes do sistema. Conforme afirmam CUSOMANO & GAWER (2001: 5),

“quanto mais pessoas usam produtos organizados em torno de plataformas, existem mais incentivos para que sejam introduzidos produtos complementares, os quais estimulam mais pessoas a comprar ou utilizar os primeiros, estimulando assim mais inovação, *ad infinitum*”

Esse ciclo virtuoso causa importantes impactos concomitantes e indissociáveis sobre a plataforma. O desdobramento econômico destes impactos está relacionado com a percepção de valorização do conjunto do sistema como um todo. Ou seja, quanto maior é a expansão das funcionalidades da plataforma, maior é seu espectro de aplicabilidade, fato este que reforça sua demanda e faz com que os potenciais consumidores passem a atribuir um maior valor à plataforma.

A maior valorização, por sua vez, deriva da percepção do consumidor dos impactos positivos que a utilização de um conjunto integrado, completo e padronizado de soluções é capaz de lhe proporcionar, dada a dificuldade de integração e de manipulação de soluções incompatíveis entre si. Em síntese, o valor da plataforma cresce de maneira mais que proporcional à criação de produtos e funcionalidades complementares.

Outro desdobramento está relacionado com os efeitos que as externalidades de rede exercem sobre a consolidação tecnológica da plataforma. Uma vez que a base de usuários tenha ultrapassado determinado nível crítico mínimo, os efeitos dos processos de *learning by doing* e *learning by interacting* são potencializados. Em outras palavras, na medida em que os usuários aprendam a manejar determinados produtos e tecnologias complexas de maneira eficiente, o custo de migração para plataformas que ofereçam funcionalidades similares torna-se muito alto (ARTHUR, 1988).

Além disso, e talvez mais importante, vale lembrar que cada plataforma é organizada em torno de padrões de arquitetura e de interface específicos, o que implica a aquisição de produtos também específicos. Assim, a migração para outras plataformas ou até mesmo mudanças radicais na atual implicam enormes custos de saída para o usuário (relacionados à necessidade de se adquirir novos produtos).

Por outro lado, a permanência prolongada em determinada plataforma e/ou sua relativa estabilidade tecnológica implicam a desvalorização mais gradual de seus produtos (BRESNAHAN, 2000). Nesse contexto, a análise dos efeitos das externalidades de rede sobre a dimensão tecnológica das plataformas, mostra que a consolidação destas é caracterizada por fortes efeitos de *lock-in*.

A partir da percepção dos efeitos de *lock-in* sobre a consolidação das plataformas, a análise do *timing* dos agentes passa a ser um elemento central na dinâmica concorrencial. Em outras palavras, o momento de entrada em determinado mercado passa a ser fundamental para o sucesso de determinada estratégia competitiva. Isso porque os efeitos das economias de rede atribuem vantagens substanciais aos *first movers*, ou seja, àqueles que conseguem construir uma plataforma capaz de gerar retornos positivos primeiro que os concorrentes (ARTHUR, 1990).

É justamente a partir da compreensão dos benefícios cumulativos derivados da apropriação destes retornos positivos que se elucida a importância da posição de liderança no desenvolvimento da plataforma. Em essência, o agente líder é aquele que apresenta maior capacidade de comandar a inovação e condicionar os padrões tecnológicos vigentes em determinada plataforma (GAWER & CUSOMANO, 2002).

Conforme já fora afirmado, esse comando é exercido em grande parte através da elaboração de regras e padrões de *design* que condicionam as arquiteturas e as interfaces da plataforma.

Ao exercer o comando, o líder da plataforma se posiciona em um estágio hierarquicamente superior aos demais componentes do sistema. Como é o responsável pelas balizas que nortearão a evolução da plataforma, consegue arbitrar entre a segmentação de capacitações e responsabilidades de modo a auferir vantagens competitivas próprias. Essas vantagens desdobram-se em assimetrias frente aos produtores de módulos complementares, erigindo barreiras à entrada que limitam a migração destes para as funções *core* da plataforma. Em síntese, conforme lembram (GAWER & CUSOMANO, 2002a:1)

“assegurar a integridade da plataforma e comandar sua evolução se transformam em imperativos estratégicos em indústrias nas quais o processo segmentado de inovação desafia constantemente as correlações de poder entre fornecedores de produtos complementares .”

Não obstante a capacidade de coordenação da inovação ser um determinante fundamental para o estabelecimento da liderança, não há necessariamente uma relação direta e imediata entre a qualidade do padrão tecnológico adotado por determinado agente e sua capacidade de liderar o mercado. ARTHUR (1988) e DAVID (1985) ao destacarem a importância de pequenos acontecimentos históricos, lembram que a princípio, dadas as vantagens oriundas dos efeitos de *first mover* e de *lock in*, a consolidação de determinada plataforma deriva em grande parte de seu potencial de engendrar retornos positivos e economias de rede. Ou seja, nada assegura que um padrão tecnológico mais avançado (menos avançado) esteja automaticamente destinado ao sucesso (fracasso). Inúmeros exemplos clássicos, que vão desde o episódio Betamax *versus* VHS até a disputa entre Windows e MAC OS , ilustram tal fenômeno.

Entretanto, em determinadas situações onde os efeitos de *lock in* ainda não tenham atingido certa magnitude, a superioridade tecnológica pode ser um elemento positivo para a busca da liderança. Além disso, outros fatores como um

alto *market share*, grande dinamismo inovativo e o estabelecimento de parcerias estratégicas com agentes em diversos módulos podem influenciar decisivamente na seleção da plataforma líder.

Nessa estrutura de mercado, onde a busca pelo **controle das plataformas** é fonte extremamente importante de **assimetrias competitivas**, grande parte das estratégias concorrenciais dos principais agentes é pautada por esse objetivo último.

2.3 Estratégias Concorrenciais num Ambiente de Competição via Plataformas Tecnológicas

Em virtude da alta complexidade de se formular e implementar estratégias concorrenciais com o intuito de se conseguir o controle das plataformas tecnológicas, GAWER & CUSUMANO (2002) **buscaram compreender a dinâmica dos setores de TI a partir deste arcabouço**. Para isso, estabeleceram uma estrutura analítica que agrega o conjunto de ações das firmas líderes de plataforma em quatro níveis, a saber:

- i) Escopo da firma;
- ii) Tecnologia do produto (arquitetura, interfaces, propriedade intelectual)
- iii) Relacionamento com produtores de complementos
- iv) Organização interna.

O primeiro nível da estrutura, **o escopo da firma**, procura identificar qual deve ser a amplitude das atividades desta. A decisão sobre quais produtos complementares a firma deve desenvolver internamente e quais deve atribuir aos demais agentes é talvez o quesito mais importante para a manutenção e a consolidação da liderança na plataforma.

Conforme fora citado anteriormente, grande parte do valor e da capacidade de geração de economias de rede de uma plataforma está relacionada com o grau de

disponibilidade de produtos complementares. Porém, a segmentação de responsabilidades é condicionada pela interação complexa entre diversos fatores.

Em primeiro lugar, é necessário que haja uma ampla difusão entre os potenciais fornecedores de produtos complementares de um conjunto mínimo de capacitações tecnológicas. Do contrário a incessante introdução de novas funcionalidades derivadas do processo de consolidação da plataforma se tornaria impossível. No entanto, a descentralização de capacitações tecnológicas não é uma condição suficiente *per se*. Conforme lembram CUSUMANO & GAWER (2001), para que se observe a ampliação dos produtos complementares também é necessário que a estratégia da empresa líder tenha credibilidade frente às demais firmas da plataforma. Isso porque, dados os riscos e os custos de saída derivados da adoção de um determinado padrão tecnológico, os fornecedores de produtos complementares só se comprometerão com determinada plataforma se vislumbrarem nela altas oportunidades de lucro. Ou seja, a empresa líder tem que ser capaz de articular argumentos econômicos e tecnológicos que convençam outras firmas.

A habilidade para determinar o nível ótimo de descentralização também depende do conjunto de capacitações possuídas pela firma líder. Uma vez que esse conjunto pode assumir diferentes graus, é recomendável que a líder de plataforma desenvolva internamente apenas alguns produtos complementares. Em outras palavras, o desenvolvimento interno deve privilegiar produtos em relação aos quais a líder possua capacidade econômica e tecnológica de competir com agentes externos (GAWER & HERDERSON, 2005).

Para os demais produtos que também são importantes para a consolidação da plataforma mas que as líderes não têm capacidade de desenvolver internamente, surgem outras estratégias.

Uma importante estratégia consiste na aquisição de empresas que dominem as capacitações necessárias para tal desenvolvimento. Na maioria dos casos essa é a maneira mais rápida e menos custosa de se criar capacitações. No entanto, essa estratégia, conforme será discutido pelo terceiro nível da estrutura analítica, pode prejudicar as relações de parceria com os fornecedores.

Outra estratégia que também será mais bem explorada no terceiro nível da estrutura analítica, é o estabelecimento de parcerias que incentivem a incorporação de novas funcionalidades ou até mesmo a criação de novos segmentos de mercado. Por meio destas parcerias, empresas líderes e complementares se beneficiariam conjuntamente da ampliação do escopo (e da conseguinte maior valorização) da plataforma.

Ainda com relação ao desenvolvimento externo de produtos complementares acerca dos quais as empresas líderes não possuem competências, destaca-se a possibilidade de impulsioná-los através da criação de fundos de *venture capital*. Conforme lembram CUSUMANO & GAWER (2001), além de viabilizar a criação de novas competências, por meio destes fundos as líderes podem sinalizar para o mercado (através da escolha de projetos prioritários) quais são suas perspectivas acerca do avanço da plataforma.

Em síntese, observa-se que a decisão sobre o grau ótimo do escopo da firma depende de vários fatores complexos. Além disso, essa escolha não é definitiva. Uma vez que a criação de uma ampla gama de produtos complementares influencia permanentemente a evolução das plataformas, os esforços contínuos de delimitação do escopo tornam-se umas das principais condicionantes das demais estratégias da firma.

O segundo nível da estrutura proposta por GAWER & CUSUMANO (2002) analisa as diversas estratégias acerca da **tecnologia do produto** ou seja, especificações de arquitetura, interfaces e regimes de propriedade intelectual.

A definição da arquitetura determina o grau e o tipo da inovação e dos investimentos que ocorrerão externamente às empresas líderes, exercendo grande influência sobre a consolidação e a evolução da plataforma. Ou seja, a intensidade da modularidade dos padrões e das regras de *design* da tecnologia tem impactos substanciais sobre a estrutura da indústria. Conforme lembram GAWER & CUSUMANO (2002:9)

“a escolha de uma arquitetura modular (...) é particularmente importante. (Isso porque) *designs* modulares têm o poder de reduzir os custos de inovação para firmas

externas e incentivar o surgimento de companhias especializadas que podem realizar grandes e criativos investimentos em produtos e serviços complementares.”

Além do grau de modularidade da arquitetura, também vale destacar a importância dos padrões de interface. O estabelecimento de interfaces abertas, permite uma maior conectividade entre os diversos componentes da plataforma. Com regras de interface especificadas publicamente pela líder da plataforma, potenciais firmas complementares tornam-se aptas a aderirem à plataforma.

Outra variável estratégica na definição e na consolidação de plataformas líderes é o regime de propriedade intelectual adotado. Tal qual o estabelecimento da arquitetura e das interfaces, um regime de propriedade intelectual que dissemine informações técnicas configura-se num incentivo para o desenvolvimento de produtos complementares. Além disso, a diminuição das assimetrias de informação entre os agentes tende a reduzir a incerteza e a margem ao comportamento oportunista, fortalecendo assim o comprometimento dos agentes com a evolução da plataforma.

Apesar destes inúmeros benefícios que se associam à adoção de uma plataforma aberta, tal estratégia também incorre em diversos riscos. A definição do grau ideal de abertura envolve um conjunto de variáveis que interagem entre si de maneira complexa. Por um lado, arquitetura, padrões de interface e regimes de propriedade intelectual abertos ampliam a valorização da plataforma através da inovação e do desenvolvimento de produtos complementares (BRESNAHAN, 1998). **Por outro, um grau de abertura demasiado pode fazer com que as líderes da plataforma percam o domínio exclusivo sobre informações e competências tecnológicas estratégicas.** Esse fato, por sua vez, tende a diminuir as assimetrias competitivas e a reduzir as barreiras à entrada, podendo facilitar o desenvolvimento por parte de outras empresas de produtos que contestem a liderança da plataforma em questão.

Conforme se pode observar, a escolha sobre os padrões de tecnologia a serem utilizados é uma variável estratégica. **Ao mesmo tempo em que estes necessitam ser abertos para incentivar a geração de economias de rede, precisam proteger os investimentos e os ativos estratégicos das firmas líderes da plataforma** (BRESNAHAN, 1998). Assim, a capacidade de arbitragem deste constante *trade-off* é

provavelmente até mais importante que as características inerentes à própria tecnologia utilizada .

O terceiro nível da estrutura analítica procura examinar as várias dimensões do **relacionamento entre firmas líderes e produtores de complementos**. Essas dimensões concretizam-se basicamente nas dicotomias entre consenso e controle, e entre colaboração e competição.

O pré-requisito para o estabelecimento de uma plataforma líder é a obtenção de um certo consenso entre uma vasta e diversificada gama de agentes. É somente a partir da concordância entre as empresas líderes e estes agentes acerca de especificações técnicas de arquitetura e de interface que se viabiliza o desenvolvimento de produtos complementares. Na ausência de um consenso mínimo o risco de fracasso da plataforma é imenso. Nessa mesma linha, RICHARDSON (1972) afirma que a essência da cooperação reside no fato de que os parceiros aceitam comprometer-se com algumas obrigações e fornecem, em contrapartida, um certo grau de garantia quanto ao seu comportamento futuro.

Paralelamente a esse consenso, as empresas líderes também têm que exibir uma certa capacidade de controle sobre a evolução da plataforma por dois motivos principais. Por um lado, o domínio sobre os padrões e as regras de *design* afeta continuamente todos os agentes e, por isso, é condição estratégica para o controle da evolução tecnológica da plataforma. Por outro lado, em virtude das incessantes modificações tecnológicas, a manutenção da conectividade entre produtos complementares influencia diretamente o valor econômico da plataforma.

Apesar da importância da dimensão controle / consenso sobre a consolidação da plataforma, nota-se que a consecução simultânea destes objetivos é no mínimo instável. A diminuição desta instabilidade necessariamente passa pela compreensão por parte das firmas líderes da importância de se estabelecer relacionamentos de dependência mútua. Mais do que tentarem simplesmente se impor, é necessário que as empresas líderes fomentem um ambiente que estimule a inovação, gere externalidades de rede e ao mesmo tempo consolide suas posições de liderança.

A necessidade de se engendrar tal ambiente nos remete à **dicotomia entre colaboração e competição**. Conforme já fora afirmado anteriormente, o estabelecimento de relações de cooperação com os demais agentes gera vários impactos positivos sobre a plataforma. Grosso modo, estes impactos se desdobram no aumento do escopo da plataforma (através da inovação em produtos complementares), na geração de externalidades de rede e na conseguinte consolidação da plataforma.

No entanto, o estabelecimento de parcerias é um processo altamente complexo, uma vez que envolve a arbitragem constante entre as decisões estratégicas sobre quais serão as atividades core das empresas líderes. Nesse sentido, RICHARDSON (1972), procura mostrar que as empresas líderes devem se concentrar em atividades **similares** (que requerem os mesmos conhecimentos, experiências ou qualificações), estabelecendo parcerias apenas para atividades **complementares** (nas quais as empresas parceiras devem harmonizar seus planos), correspondentes a fases distintas de um mesmo processo produtivo.

Dado que as parcerias envolvem a disseminação do conhecimento tácito e de informações importantes, as capacitações estratégicas podem fluir para ambos os lados da parceria. Assim corre-se o risco do aprendizado tecnológico e inovativo de fornecedores complementares torná-los aptos a contestar futuramente a própria líder da plataforma.

Num plano oposto, as empresas complementares também sofrem uma série de riscos. Muitas vezes as empresas líderes podem apenas estar interessadas em estabelecer parcerias com o intuito de adquirir capacitações extras para depois se inserir como um novo competidor nos segmentos das parceiras. Dado o maior poder de mercado dessas líderes, tal inserção implicaria sérios riscos à sobrevivência das fornecedoras complementares.

Em virtude destes fatores, o estabelecimento de parcerias é um processo altamente delicado. Assim, seu sucesso está intrinsecamente relacionado com a criação de um ambiente de confiança mútua entre os agentes. Com relação às empresas complementares, é necessário que estas busquem demonstrar que realmente estão comprometidas com a consolidação da plataforma em questão. Além

disso devem posicionar-se como provedoras de funcionalidades complementares e não como potenciais contestadoras dos atuais padrões tecnológicos. No que diz respeito às empresas líderes, é necessário que estas se comprometam a não expandir constantemente seu escopo para novos segmentos de modo a prejudicar a viabilidade econômica das fornecedoras complementares. (CUSUMANO & GAWER, 2001). Para tal, um amplo conjunto de sinalizações, assim como de medidas organizacionais (abordadas no próximo nível da estrutura) podem influenciar positivamente no estabelecimento da confiança mútua.

No entanto, apesar da importância da cooperação entre líderes e empresas complementares, os mecanismos de incentivo à evolução tecnológica da plataforma devem ter como pré-requisito a existência de um estado latente de competição. Este estado de competição caracteriza-se por ser um ambiente em que tanto as empresas líderes quanto as complementares sejam receosas acerca da capacidade de expansão recíproca para seus respectivos segmentos de atuação. Nesse cenário, amedrontadas pela capacidade de expansão das parcerias, buscariam inovar constantemente de modo a construir barreiras à entrada em seus segmentos.

Em síntese, a relação entre empresas líderes e complementares é ao mesmo tempo essencial para a consolidação da plataforma, e uma fonte de potenciais instabilidades para a evolução desta. Tal instabilidade, por sua vez, deriva da percepção de que apresenta paralelamente dicotomias entre controle e consenso, colaboração e competição.

O quarto e último nível da estrutura analítica proposta por GAWER & CUSUMANO (2002) descreve em que medida a **organização interna** pode influenciar na consolidação e evolução das plataformas. Sua análise concentra-se na capacidade que estruturas, processos e culturas de gerenciamento possuem de incentivar a geração de externalidades positivas entre empresas líderes e complementares. Nesse sentido, fundamentando-se nos resultados de um amplo estudo de caso realizado a partir da investigação das estratégias concorrenciais da Intel, GAWER & HERDERSON (2005) destacam os impactos que um conjunto de características organizacionais

internas exercem sobre a consolidação de parcerias tecnológicas entre empresas líderes e complementares.

Em primeiro lugar, os autores mostram que é necessário que os conflitos entre diferentes grupos internos às organizações sejam administrados. Dada a complexidade que envolve o conjunto de capacitações que forja uma plataforma, é altamente provável que existam discordâncias estratégicas entre grupos alocados em uma mesma firma. Uma grande fonte de tais discordâncias é provocada pelo conflito de interesses entre grupos responsáveis por diferentes funcionalidades da plataforma. Isso porque conforme a plataforma evolui, diferentes funcionalidades são criadas, extintas ou modificadas.

Com o intuito de diminuir tais conflitos, GAWER & HERDERSON (2005) destacam a importância do estabelecimento de uma hierarquia organizacional que faça com que divisões e grupos de trabalho com responsabilidades tecnológicas potencialmente conflitantes sejam subordinados à diferentes comandos. Outra característica importante destacada pelos autores é a separação as áreas de prospecção de novos negócios / tecnologias das equipes responsáveis pela tecnologia atual. Assim, com uma estrutura mais desintegrada, o potencial de conflitos internos tenderia a diminuir.

De maneira complementar aos efeitos de tais medidas, GAWER & HERDERSON (2005) também mostram que é necessário que as empresas adotem procedimentos que sejam tolerantes à divergência interna de opiniões. Essa constatação, por sua vez, decorre do fato de que em um ambiente no qual o processo inovativo é complexo, incerto e inter-disciplinar (DOSI, 2000) uma cultura organizacional que incentive a busca de soluções por meio de diferentes maneiras pode potencializar o aprendizado tecnológico interno.

Não obstante esses benefícios internos, nota-se que algumas das implicações destas medidas transbordam para o ambiente externo à empresa, afetando inclusive suas parcerias com empresas complementares. Isso porque, na medida em que as empresas líderes estabelecem uma estrutura organizacional baseada em equipes desintegradas, conseguem fazer com que essas equipes estabeleçam relações mais

próximas e flexíveis com as parceiras. Essas proximidade e flexibilidade maiores, por sua vez, permitem uma maior transmissão do conhecimento tácito.

Além disso, a estrutura organizacional desintegrada também influencia positivamente a credibilidade das empresas líderes frente às fornecedoras complementares. Ao estabelecerem parcerias com equipes desintegradas, as empresas complementares vislumbram uma menor possibilidade de 'vazamento' de informações estratégicas relativas às suas capacitações (seja para outras firmas ou até mesmo para departamentos das mesmas empresas líderes com os quais concorrem em outros segmentos)

Em síntese, GAWER & HERDERSON (2005) destacam a importância das empresas estabelecerem uma estrutura organizacional que seja condizente com a compreensão da plataforma como um sistema no qual um amplo espectro de agentes está ligado por meio de uma dependência mútua. Ou seja, a dinâmica concorrencial de indústrias caracterizadas por produtos organizados em torno de plataformas deve se amparar em "uma visão que constata que o ecossistema em torno destas plataformas pode ser maior do que a soma de todas suas partes" (CUSUMANO & GAWER, 2001).

É justamente a partir desta perspectiva que os próximos capítulos procurarão analisar os paradigmas tecnológicos característicos de cada segmento das atividades de TI com o intuito de identificar as especificidades da dinâmica concorrencial e inovativa nas indústrias de equipamentos de informática e software. Na indústria de equipamentos de informática, a estruturação da concorrência via confronto de plataformas enfatizará a importância do estabelecimento de parcerias tecnológicas, dos ganhos de escala e da agilidade na introdução de inovações como importantes fontes de assimetrias competitivas. Já na indústria de software, a concorrência entre plataformas destacará a importância da geração de externalidades de rede, do alto dinamismo tecnológico e também dos retornos de escala como principais determinantes da dinâmica concorrencial e inovativa.

Capítulo 3: Equipamentos de Informática

O objetivo deste capítulo é analisar a dinâmica concorrencial e inovativa da indústria de equipamentos de informática¹⁴. Para tal, procura mostrar de que maneira o arcabouço analítico descrito no capítulo 2 é um determinante essencial para explicar o comportamento dos agentes e as trajetórias tecnológicas do setor.

A partir deste arcabouço, a busca deste objetivo se fundamentará na compreensão do paradigma tecnológico que caracteriza a indústria de equipamentos de informática. Isso porque é somente por meio do exame detalhado deste padrão que se poderá analisar os fatores que delimitam, condicionam e direcionam as estratégias de suas empresas.

Neste sentido, a seção 3.1 procura relacionar este paradigma tecnológico a duas características principais da indústria a saber, o alto dinamismo tecnológico e o processo contínuo de ampliação do escopo do setor por meio da introdução de inovações. Além disso, enfatiza-se a maneira pela qual estas características influenciam as forças determinantes das vantagens competitivas no setor, destacando a importância da liderança tecnológica dividida, das economias de escala e da redução do *time to market*.

Finalizando o capítulo, a seção 3.2 examina o paradigma tecnológico observado no segmento de fabricação e desenvolvimento de semicondutores. Mostra também que cada vez mais a evolução tecnológica na indústria de equipamentos de informática é condicionada pelas inovações neste segmento. Isso porque, com a emergência de processos de desenvolvimento modularizados, observam-se avanços substanciais na criação de componentes cada vez mais potentes, menores e mais baratos.

¹⁴ A indústria de equipamentos de informática corresponde às atividades agrupadas na divisão 30 da CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas), que se refere à “fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática”. Enquadram-se nessa divisão, entre outros equipamentos de informática, os diversos tipos de computadores pessoais, servidores, supercomputadores, discos rígidos, drives de CD/DVD, teclados, mouses, LCDs, bem como diversos outros periféricos. Apesar destes equipamentos constituírem-se no núcleo central da divisão, o esforço analítico deste capítulo se baseará numa definição mais ampla da indústria. Essa delimitação ampliada justifica-se no sentido de incorporar entre os objetos de análise aquela que tem sido uma tendência geral do setor de equipamentos de informática qual seja, de transbordar suas funcionalidades para um conjunto cada vez mais amplo de equipamentos de uso doméstico constituintes do complexo eletro-eletrônico.

3.1 Dinâmica Concorrencial e Inovativa na Indústria de Equipamentos de Informática

Desde suas origens na década de 1940, a indústria de equipamentos de informática tem se caracterizado por apresentar um alto dinamismo tecnológico. Este alto dinamismo, por sua vez, desdobrou-se num processo crescente de introdução de inovações cuja característica principal tem sido a ampliação do escopo da indústria. Esse movimento de ampliação ocorre em duas vertentes. Na primeira delas observa-se a introdução de novas funcionalidades e a expansão da capacidade e velocidade de processamento de equipamentos de informática já consolidados. Na segunda vertente, a ampliação ocorre através do transbordamento das atividades de informática para setores correlatos, notadamente os constituintes do complexo eletrônico.

Através da expansão de funcionalidades e do aumento da capacidade de processamento dos equipamentos, estes se tornam aptos a prover uma gama de soluções cada vez mais diversificada e complexa. Uma vez que o escopo de aplicabilidade está intrinsecamente relacionado com a potência e as funcionalidades de determinado objeto, esse movimento atua no sentido de fortalecer a demanda pelos equipamentos de informática.

O transbordamento das atividades de informática para setores correlatos também influencia a consolidação do setor de maneira semelhante.

Neste sentido, a incorporação de TI nos produtos do complexo eletrônico modifica a maneira pela qual as funcionalidades tradicionais destes equipamentos são realizadas. Além de facilitar e tornar mais eficiente a execução de tarefas tradicionais, essa incorporação potencializa a ampliação das funcionalidades. Em outras palavras, produtos eletrônicos tradicionais configuram-se cada vez mais como equipamentos de informática.

Além disso, o transbordamento das atividades de informática também influencia a consolidação do setor por meio da criação de novos equipamentos. Esse processo é potencializado em virtude da evolução na capacidade de processamento e no *design* miniaturizado de componentes. Ou seja, na medida em que a evolução tecnológica

viabiliza a criação de artefatos menores e mais potentes, amplia-se principalmente a possibilidade de introdução de produtos com um alto grau de mobilidade.

É justamente a partir da análise do desenvolvimento contínuo dos esforços que potencializem esse processo de ampliação que se deve buscar compreender a estrutura concorrencial e a organização da dinâmica inovativa no setor. Em outras palavras, as decisões estratégicas através das quais os agentes procuram viabilizar e coordenar esta expansão tornam-se elementos centrais para a compreensão da dinâmica do setor.

A despeito de ter permeado toda a evolução do setor de equipamentos de informática, esse processo de expansão apresentou-se de diferentes maneiras, consubstanciando-se em estruturas e dinâmicas de mercado distintas. Grosso modo, essas estruturas podem ser divididas em duas configurações diferentes qualitativamente.

A primeira configuração prevalece de maneira geral desde os primórdios da indústria de informática no final dos anos 40 até o final da década de 80. BRESNAHAN & MALERBA (1998: 4-5), ao analisarem este período, segmentam-no nas etapas de *i*) criação dos *mainframes* e persistência da liderança da IBM no segmento (final dos anos 40 até final dos anos 80) e *ii*) criação de novos segmentos de mercado e entrada de novos agentes (final dos anos 50 até final dos anos 80).

De maneira geral essas etapas caracterizam-se pela criação e consolidação da indústria de equipamentos de informática. É nesse período que a informática autonomizou-se de suas origens iniciais relacionadas ao desenvolvimento de aplicações voltadas em primeiro lugar para o complexo militar e em seguida para instituições acadêmicas e científicas.

Combinando o aumento da capacidade de processamento com o início do processo de miniaturização, foram desenvolvidos equipamentos cada vez mais direcionados ao uso em atividades empresariais. No entanto, esse movimento só se viabilizou devido ao barateamento e à maior facilidade de utilização dos equipamentos e devido à incorporação de novas funcionalidades a estes.

A partir deste processo de incorporação dos equipamentos de informática a um escopo de atividades empresariais cada vez mais amplo, observou-se a ampliação do mercado e a consolidação de um conjunto mínimo de usuários aptos a utilizarem estes equipamentos. É nesse contexto que, paralelamente à migração gradativa dos *mainframes* para os mini e micro-computadores, observa-se um movimento gradativo de incorporação destes equipamentos ao ambiente doméstico.

Apesar da notável evolução tecnológica observada durante esse período de consolidação da indústria, a dinâmica concorrencial e inovativa permaneceu organizada em torno de padrões com características muito semelhantes. Com poucas e pontuais exceções, toda essa dinâmica foi condicionada em última instância pelo comportamento da IBM. Desde a criação dos *mainframes* até o estabelecimento do padrão IBM PC, grande parte do desenvolvimento tecnológico e das estruturas de mercado derivaram dos padrões estabelecidos pela empresa. Ou seja, a organização da indústria de equipamentos de informática caracterizava-se por uma grande centralização de competências.

A partir da interpretação de CHANDLER (1962), BRESNAHAN & MALERBA (1998: 8) relacionam essa centralização do direcionamento estratégico na IBM ao estabelecimento de competências pela empresa em três ramos a saber, tecnologia, *marketing* e gerenciamento organizacional. Ainda segundo os autores, a despeito da obviedade atual da importância da construção de competências nestas áreas para o sucesso empresarial, estes três ramos ainda não estavam consolidados como modelo de negócios nos períodos iniciais da indústria de informática. Ou seja, a partir deste modelo a IBM conseguia criar incentivos internos que fomentassem o processo de aprendizado (gerenciamento organizacional) a fim de desenvolver constantes melhoramentos tecnológicos (tecnologia) e posteriormente transformá-los em novos produtos líderes de mercado (*marketing*). Assim, engendrou uma estrutura organizacional vertical na qual grande parte das competências da indústria era internalizada.

Outra característica muito importante para a consolidação da liderança da IBM foi sua estratégia de compatibilidade entre as diversas gerações tecnológicas de seus

produtos. Isso porque ao assegurar a compatibilidade entre as constantes inovações introduzidas no mercado, a empresa garantia a geração de externalidades de rede. Assim, consolidava sua posição de liderança através do fortalecimento dos efeitos de *lock-in* e diminuía os custos de mudanças para seus usuários na medida em que seus produtos evoluíam tecnologicamente.

No entanto, essa estrutura organizacional vertical condicionada pelos padrões estabelecidos pela IBM sofreu uma forte contestação a partir dos anos 90. Essa contestação se deu a partir daquela que BRESNAHAN & MALERBA (1998) configuram como a segunda configuração da indústria de equipamentos de informática. A saber, aquela caracterizada pela entrada das redes de pequenos computadores no segmento de *mainframes* e pela contestação à liderança da IBM.

Nessa configuração, **paralelamente à emergência do padrão tecnológico baseado na estrutura cliente/servidor¹⁵, observou-se o avanço da estratégia de modularização como principal mecanismo da dinâmica concorrencial e inovativa da indústria.**

Essas transformações no padrão tecnológico, por sua vez, impulsionaram o processo de reestruturação da indústria de equipamentos de informática por meio de três efeitos principais.

O primeiro, e talvez mais importante deles, foi a desintegração vertical. Essa desintegração derivou do aumento substancial da complexidade assumida pelo processo inovativo em um cenário em que as capacitações tornaram-se cada vez mais inter-disciplinares e, por isso, altamente segmentadas. Em síntese,

“a velocidade, complexidade e a natureza multi-disciplinar da pesquisa científica, agregada à crescente importância da ciência e à necessidade de um ambiente globalmente competitivo, impulsionaram um sistema inovativo caracterizado por externalidades de rede e efeitos de *feedback* entre pesquisadores, usuários e fornecedores distribuídos em diferentes indústrias e fronteiras nacionais.” (ERNST, 2006:16)

¹⁵ A estrutura cliente/servidor configura-se como uma interligação de PCs (clientes) através de redes controladas por computadores mais poderosos como *workstations*, minicomputadores ou *mainframes* (servidores).

O segundo efeito está relacionado com a transferência do comando das funções inovativas dos segmentos de hardware para as atividades de software e o conseqüente processo de *commoditização* crescente dos equipamentos de informática. Ou seja, cada vez mais as funções hierarquicamente superiores nas atividades de TI são desempenhadas pelo software e não pelo hardware.

Por último, a emergência de redes estruturadas no padrão cliente/servidor impôs grande pressão competitiva sobre os demais segmentos da indústria de equipamentos de informática, principalmente em relação aos mini-computadores e *mainframes*. Uma vez que a emergência deste padrão ocorreu paralelamente a uma maior dispersão das capacitações tecnológicas do setor, observou-se uma diminuição das vantagens competitivas da IBM¹⁶.

Assim, a conjugação destes três efeitos modificou as estruturas do setor e, em decorrência, teve importantes reflexos sobre sua dinâmica concorrencial e inovativa. Grande parte desta reestruturação, por sua vez, se desenvolveu no sentido de adequar as estratégias dos agentes a um novo paradigma tecnológico, no qual a coordenação dos esforços inovativos da indústria ocorre através do estabelecimento de plataformas tecnológicas dominantes (BRESNAHAN & GREESTIN, 1999).

Neste novo arcabouço, as forças condicionantes da dinâmica competitiva se deslocaram do confronto entre firmas individuais para a concorrência entre plataformas. Ou seja, a competição sofreu uma grande mudança qualitativa deslocando-se da esfera horizontal (concorrência entre empresas que desempenham funções semelhantes e se situam no mesmo plano) para a vertical (concorrência entre empresas que realizam funções complementares e ocupam nichos de mercado distintos em diferentes plataformas tecnológicas). Logo, o principal mecanismo da competição vertical torna-se a disputa entre os agentes pelo controle dos diversos padrões tecnológicos que determinam a arquitetura dos produtos.

¹⁶ Vale destacar que, além da importância do domínio das competências nos ramos de tecnologia, *marketing* e gerenciamento organizacional, grande parte das vantagens competitivas da IBM estavam estruturadas sobre as externalidades de rede derivadas de sua posição dominante nos segmentos de *mainframes* e minicomputadores.

Paralelamente, os agentes e produtos que se estruturam na mesma plataforma, em certo sentido, deixam de ser encarados apenas como competidores (tal qual ocorreria na competição horizontal). Isso porque, ao contribuírem para a ampliação das funcionalidades e do *market share* da plataforma, atuam no sentido de gerar externalidades de rede. Essas externalidades influenciam na consolidação da plataforma em questão e beneficiam toda a diversa gama de agentes que se estrutura em torno do mesmo padrão tecnológico. No entanto, apesar do caráter generalizado destes benefícios, observa-se que sua materialização nem sempre é simples e imediata. Isso porque, conforme fora demonstrado anteriormente, a busca pela geração das externalidades de rede ocorre em um ambiente instável, caracterizado pela permanente dicotomia colaboração / competição entre os agentes da plataforma.

A partir desta **estruturação da concorrência em camadas verticais fundamentadas principalmente no confronto entre plataformas tecnológicas**, as forças determinantes das assimetrias competitivas também assumem uma nova configuração. BRESNAHAN & GREESTEN (1999) relacionam essas forças a três dimensões principais: *i*) liderança tecnológica dividida, *ii*) importância das economias de escala e *iii*) redução do *time to market*.

A **liderança tecnológica dividida**, conforme fora citado anteriormente, está relacionada à grande segmentação das capacitações tecnológicas do setor e à capacidade dos agentes aproveitarem as externalidades de rede. A maior segmentação permite uma proliferação de novos agentes, os quais são os responsáveis pela incorporação de novas funcionalidades às plataformas. Já a capacidade de aproveitamento das externalidades de rede permite que a introdução destas funcionalidades prescindir do domínio de um conjunto muito mais amplo e complexo de capacitações. Em outras palavras, liderança tecnológica dividida significa rápido avanço da plataforma principalmente através de produtores especializados e da habilidade destes se beneficiarem das externalidades de rede. (LANGLOIS, 1990).

Outra característica importante da liderança tecnológica dividida é o alto grau de competição entre os agentes responsáveis pelo desenvolvimento de produtos complementares. Esse fenômeno está relacionado em grande parte à dificuldade de se

estabelecer fronteiras nítidas entre os diversos segmentos. Em virtude desta dificuldade observa-se um permanente incentivo para que os diversos agentes expandam seu escopo de atuação. Aproveitando-se das externalidades de rede geradas pela plataforma, estes podem incorporar novas funcionalidades a seus produtos com relativa facilidade. Assim podem capturar uma parcela maior das rendas geradas pela plataforma e ampliar sua capacidade de controle sobre os padrões tecnológicos desta.

A **segunda** dimensão da dinâmica competitiva, a **importância das economias de escala**, decorre da consolidação da plataforma e do fato de que grande parte dos custos de desenvolvimento dos equipamentos de informática concentra-se nas fases iniciais deste processo.

Conforme lembram ARTHUR (1988) e DAVID (1985), na medida em que a base de usuários se expande, ela fortalece as externalidades de rede, cria condições para o aumento das economias de escala e assim, consolida a plataforma. De maneira complementar, quanto maiores são as economias de escala, maiores são as possibilidades de se expandir a base de usuários e de se consolidar a plataforma.

Já a concentração de grande parte dos custos de desenvolvimento dos equipamentos de informática nas etapas iniciais de concepção e *design* aumenta a importância da escala de produção. Isso porque quanto maior a escala de produção, maiores são as possibilidades de diluição destes custos. Ou seja, como os custos médios de produção são decrescentes, uma escala maior implica ganhos econômicos crescentes.

A **terceira** dimensão da dinâmica concorrencial na indústria de equipamentos de informática é o **time to market**, ou seja, a capacidade da empresa responder de maneira ágil às necessidades do mercado por meio de inovações em produtos e/ou processos. A importância dessa agilidade decorre dos impactos que os efeitos de *first mover* e de *lock-in* exercem na consolidação de plataformas dominantes. Como a consolidação está muito mais relacionada com a geração de externalidades positivas do que com a qualidade tecnológica da plataforma, o *timing* de entrada no mercado é fundamental. Isso porque, conforme lembra UTTERBACK (1996), uma vez que os usuários e as empresas fornecedoras tenham realizado investimentos em

equipamentos de determinados padrões e arquiteturas tecnológicas, o abandono destes equipamentos implica altos custos.

Além destes *sunk costs*, outros efeitos com grande poder de *lock in* sobre o mercado são o grau de interatividade entre os diversos equipamentos da plataforma e os custos de aprendizagem.

Com relação ao grau de interatividade, observa-se que quanto maior é a compatibilidade entre os diversos componentes da plataforma, maiores são os incentivos para que os usuários adquiram produtos complementares baseados em padrões tecnológicos compatíveis.

Já os custos de aprendizagem diminuem drasticamente na medida em que os usuários tornam-se crescentemente familiarizados com os produtos de determinada plataforma. Isso porque a interação com os demais usuários engendra mecanismos de aprendizado coletivo. Logo, a migração para outras plataformas ainda não consolidadas envolve altos custos de aprendizado, o que tende a consolidar as posições dominantes.

Em síntese, observa-se que todos esses fatores atuam no sentido de conferir enormes vantagens às plataformas *first movers*. Dada a importância que o controle dos padrões de arquitetura destas plataformas exerce sobre a apropriação dos efeitos das externalidades de rede, a redução do *time to market* configura-se numa importante fonte de vantagens competitivas.

A partir dos desdobramentos dos efeitos destas três dimensões da dinâmica concorrencial e inovativa da indústria de equipamentos de informática, observa-se que a emergência das plataformas também atua no sentido de desconcentrar as estruturas desta indústria. Isso porque permite que novos agentes com capacitações específicas tornem-se aptos a se beneficiar das economias de rede engendradas pelo padrão tecnológico dominante concretizado na plataforma. Além de se beneficiar destas economias, a inserção de novos agentes também influencia na consolidação da plataforma, pois esta inserção normalmente ocorre via inovação em produtos complementares. Além disso, o conjunto pré-estabelecido de regras e padrões de *design* que caracteriza as plataformas também permite uma reorganização da cadeia produtiva dos agentes já consolidados na indústria.

A partir de processos de modularização e do estabelecimento de redes globais de produção, esses agentes buscam se adequar ao cenário de aumento da pressão competitiva. Conforme lembram DEDRICK & KRAEMER (2005:122), produtores de equipamentos de informática

“ (...) adotaram técnicas de produção *demand-driven* e *build-to-order* além de terem terceirizado funções na cadeia de valor em direção à parceiros externos a fim de reduzir custos e responder mais rapidamente às mudanças num mercado volátil.”

Fruto deste processo observou-se a transfiguração do modelo de negócios personificado na IBM, que havia caracterizado o setor até então. No nível da empresa observou-se a concentração dos esforços em atividades estratégicas como *marketing*, vendas e desenvolvimento de produtos. No nível da indústria observou-se o espraiamento da cadeia produtiva e de valor através do estabelecimento de redes globais.

Além da crescente modularização, vale destacar a importância do próprio desenvolvimento das atividades de TI para o funcionamento destas redes. Ao aumentarem substancialmente a capacidade de processamento de um conjunto cada vez mais complexo de informações, os sistemas de gerenciamento baseados em TI influenciaram a consolidação da empresa em rede. Isso porque viabilizaram tanto a interligação eficiente entre clientes e produtores, quanto a interligação entre os integrantes dos diversos elos da cadeia de valor. Assim, permitiram a criação de processos e rotinas padronizadas intra-rede. Esta padronização, por sua vez, viabilizou o gerenciamento eficiente dos velozes e instáveis processos que caracterizam a orientação *demand-driven*.

Em consonância com o arcabouço proposto por CHESNAIS (1996), observou-se um movimento de redefinição do escopo de atuação dos agentes presentes em diversos segmentos da cadeia de valor. (vide figura 3.1). Os produtores de equipamentos de informática concentraram suas atividades, terceirizando diversas etapas do processo como manufatura, montagem e até mesmo atividades de design e de desenvolvimento de processos.

Como contrapartida da diminuição no escopo das atividades dos produtores de equipamentos, observou-se um aumento na participação de diversos outros agentes na cadeia de valor. Assim, firmas especializadas¹⁷ como *Contract Manufacturers* (CMs), *Original Design Manufacturers* (ODMs) e distribuidores ampliaram sua participação, assumindo um ramo crescente de funções com conteúdos tecnológicos relativamente maiores.

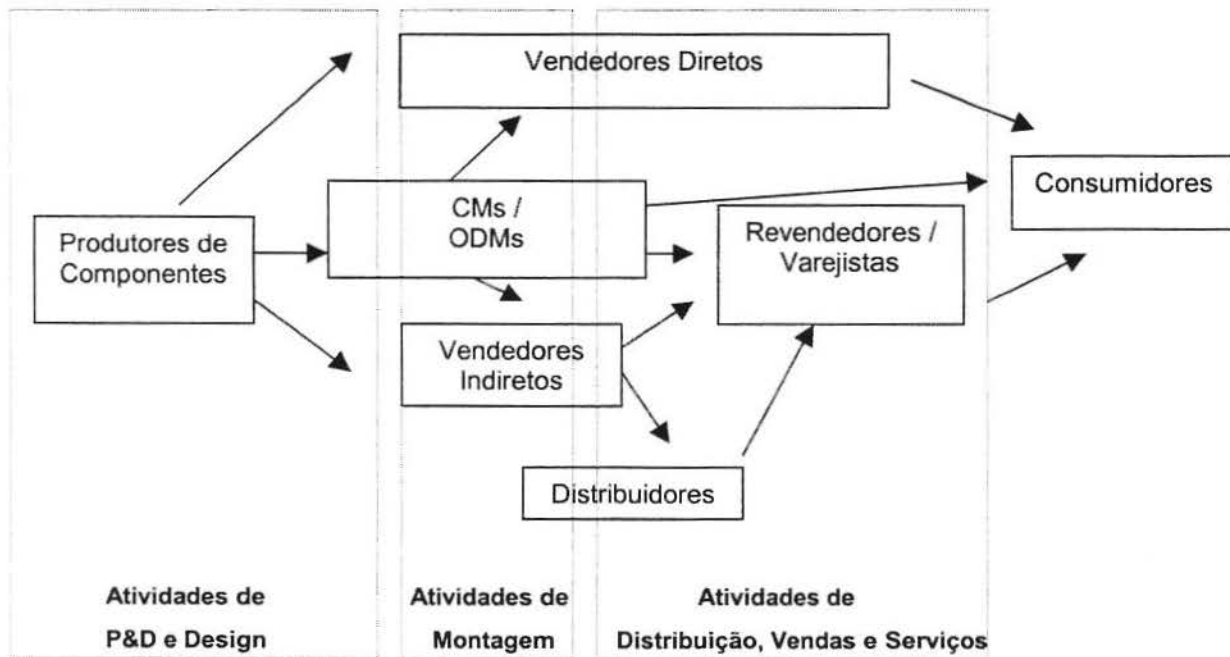
A partir da figura 3.1, observa-se que a reorganização das funções implicou o estabelecimento de uma cadeia de valor muito mais complexa e interligada (conforme mostrado pelas setas). Isso porque além da importância dos fluxos de informação entre seus diversos elos, observa-se uma gama praticamente inesgotável de possibilidades de organização desta cadeia. Ou seja, como a maioria dos agentes situados na parte intermediária ampliou suas capacitações, a combinação destas capacitações de diferentes maneiras implica uma vasta gama de possibilidades de estruturação da cadeia.

Um exemplo típico deste fenômeno pode ser observado quando se analisa o escopo assumido pelas empresas CMs e ODMs. Ilustrando o que já fora afirmado anteriormente, a figura 3.1 mostra que apesar destas empresas concentrarem a maior parte de seus esforços nas atividades de montagem (conforme indicam os retângulos pontilhados da figura), também possuem capacitações nas atividades de P&D e *design*, distribuição, vendas e serviços.

Assim, a compreensão da dinâmica competitiva da indústria de equipamentos de informática relaciona-se à análise destas possibilidades. Essa análise, dada a segmentação dos elos da cadeia, necessita do exame do escopo de atuação e das competências apresentadas por cada agente.

¹⁷ As *Original Design Manufacturers* (ODMs) são empresas que possuem capacitações nas etapas de *design*, principalmente no segmento de notebooks. Em geral, as ODMs estabelecem relações de parceria com as empresas líderes da cadeia de valor, por meio das quais são contratadas para realizarem determinadas atividades de *design*. Em outros casos, as ODMs também elaboram estruturas de *design* de maneira autônoma para as venderem posteriormente às líderes da cadeia via relações de mercado. Já as *Contract Manufacturers* (CMs), inserem-se nesta cadeia de valor principalmente por meio da execução das atividades relacionadas às etapas de manufatura e montagem. Entre as CMs destacam-se empresas como SCI, Solectron, Flextronics, Asustek, ECD, Gigabyte e Hon Hai; entre as ODMs, as taiwanesas Quanta, Compal, Arima e Inventec.

Figura 3.1: Etapas da Cadeia de Valor e Escopo de Atuação dos Agentes na Indústria de Equipamentos de Informática



Fonte: Adaptado a partir de KENNEY & CURRY (2001:128)

O elo inicial é a produção de componentes. De maneira geral, pode-se afirmar que o escopo das atividades desenvolvidas por esses agentes não sofreu grande transformação. Apesar disso, a maneira com que essas atividades são realizadas passou por uma grande reestruturação.

Para se adequar à orientação *demand-driven*, os produtores de componentes tiveram que se integrar de maneira muito mais estreita à cadeia de produção. Grande parte dessa integração ocorreu através da incorporação de ferramentas padronizadas de gerenciamento com vistas a possibilitar um maior e mais eficiente fluxo de informação bi-direcional com relação a seus clientes. A partir do gerenciamento deste fluxo de informações, observou-se a diminuição de estoques, uma maior agilidade no processo, além de uma diminuição do descasamento entre demanda e oferta de componentes em períodos de alta volatilidade.

Fenômeno semelhante ocorreu no gerenciamento das atividades de manufatura desenvolvidas pelas CMs e ODMs. Tal qual os produtores de componentes, estas firmas estreitaram sua integração com os diversos elos da cadeia. No entanto, além desta maior integração concretizada no aprimoramento das técnicas de gerenciamento de produção, as CMs e ODMs ampliaram significativamente seu escopo de atuação.

Através do investimento em avançados equipamentos de manufatura, estas empresas expandiram sua rede de atuação global e criaram novas capacitações. Assim, ampliaram sua atuação além do simples processo de montagem, executando funções adicionais como introdução de novos produtos, planejamento produtivo, logística e serviços de pós-venda. Apesar de ser uma tendência geral entre os agentes responsáveis pelo processo manufatura da cadeia, essa expansão em direção a funcionalidades com maior importância estratégica ocorreu principalmente entre as empresas taiwanesas.

Estas empresas, por meio de relações muito estreitas com os produtores de equipamentos de informática, incorporaram novas capacitações no processo de *design* (principalmente de notebook) e tornaram-se conhecidas como ODMs. Ou seja, conjugando estas capacitações com a proximidade, conseguiram se inserir em elos com maior densidade tecnológica e tornaram-se parceiras estratégicas em determinados segmentos de produto (CHEN, 2002).

Outra função desenvolvida em grande parte pelas CMs e ODMs é a montagem final. Grosso modo, essas funções são intensivas em escala e apresentam baixo conteúdo tecnológico e capacidade de agregação de valor. Como a intensidade das economias de escala é o principal determinante competitivo, as CMs e ODMs tendem a se localizar em regiões nas quais seus parceiros globais (empresas líderes da cadeia de valor) já estão estabelecidos e em grandes centros consumidores.

No entanto, devido à orientação *demand driven* da indústria e à utilização de modelos de negócio com produção sob encomenda, as atividades de montagem têm exigido o domínio de funções com complexidades crescentes. Essa complexidade, por sua vez, está relacionada com a necessidade de se estabelecer técnicas eficientes de gerenciamento de informação. Isso porque, nos modelos de negócio com produção sob

encomenda a agilidade e a integração entre as etapas de gerenciamento de insumos, manufatura, fluxo financeiro, logística e recebimento de encomenda é determinante fundamental na criação de assimetrias competitivas. Nesse cenário, com o intuito de preservar o comando estratégico sobre estas capacitações, algumas empresas têm optado por realizar partes do processo de montagem internamente. Além dessa opção estratégica, vale destacar que em virtude do grau de complexidade exigida pela integração de etapas, nem todas CMs e ODMs possuem as capacitações necessárias para realizar este processo.

Nesse mesmo movimento de reestruturação da cadeia de valor, observamos uma mudança substancial na maneira de atuação das atividades de distribuição de equipamentos de informática. A despeito do crescimento das vendas diretas baseadas na Internet, a função de distribuição ainda é uma importante etapa na cadeia de valor.

Grande parte dessa importância está relacionada com o gerenciamento do fluxo de informações entre os agentes responsáveis pela manufatura e os varejistas. Além de reduzir estoques, o fluxo constante de informações transforma-se num ativo importante para a análise instantânea e pormenorizada do comportamento dos mercados consumidores. Esta análise, por sua vez, transforma-se numa variável estratégica para o planejamento das ações não só dos distribuidores e varejistas mas também (e talvez principalmente) dos comandantes da cadeia. Estes agentes, amparados em um conjunto amplo de características do mercado, tornam-se aptos a elaborar e a reconfigurar com relativa agilidade suas estratégias de desenvolvimento de produto e de comercialização.

O fluxo de informações estratégicas através dos diversos elos da cadeia de valor conjugado ao modelo de vendas diretas tem reduzido sistematicamente as assimetrias competitivas possuídas anteriormente somente pelo setor de varejo. Assim, observa-se uma profunda reestruturação desta atividade, cuja principal característica é a mudança de seu escopo de atuação.

Incapazes de competir com o modelo de venda direta, cada vez mais os varejistas se inserem como agentes complementares neste processo. Por um lado, direcionam suas próprias vendas para o sistema direto, recebendo pequenas

comissões dos produtores de equipamentos de informática. Por outro, deslocam seu escopo de atuação cada vez mais em direção à prestação de serviços complementares demandados pelos consumidores. Assim, obtêm parte crescente de suas receitas com atividades de instalação, integração, suporte técnico e manutenção.

A partir do exame de cada um destes segmentos, pode-se afirmar que a cadeia de valor do setor é organizada basicamente a partir de relações de parceria, as quais buscam emular a disciplina e os mecanismos de incentivos característicos das relações de mercado. Segundo DEDRICK & KRAEMER (2005), apesar do aumento da integração entre os diversos elos propiciada pela adoção de técnicas de gerenciamento baseadas em TI, nota-se que os comandantes da cadeia sempre se relacionam com no mínimo dois parceiros em cada segmento. Assim, criam um estado de competição latente e impõem indiretamente a esses parceiros uma disciplina baseada nos incentivos de mercado. Ou seja, a despeito da proximidade implicar relações estreitas de parceria, a ameaça constante imposta por uma competição latente imputa a essas parcerias características típicas de relações de mercado.

O grau em que esta disciplina de mercado se apresenta, por sua vez, está intrinsecamente relacionado com a padronização das tarefas envolvidas. Desse modo, quanto maior a rotina e maior a capacidade de codificação do conhecimento em determinada tarefa, maior é o peso das relações de mercado.

De modo contrário, tarefas que exigem a integração de capacitações complexas entre agentes tendem a se corporificar em parcerias mais sólidas. Uma vez que são pautadas pelo planejamento estratégico, suas ações desenvolvem-se fora do escopo das transações de mercado. Exemplos destas atividades são determinadas parcerias entre fabricantes de equipamentos de informática e ODMs (principalmente no caso da produção de notebooks) e entre CMs e prestadores de serviços especializados (como reparos de garantia e integração de sistemas).

Em síntese, observa-se que a dinâmica competitiva do setor de equipamentos de informática sofreu grandes mudanças a partir da desestruturação do anterior modelo de negócios centralizado na IBM. De maneira geral observou-se uma descentralização do setor a partir da adoção de ferramentas gerenciais intensivas em TI. Essa

descentralização, por sua vez, desdobrou-se em duas esferas. No nível da **indústria** personificou-se no **espraçamento global da cadeia produtiva e de valor** através do paradigma das empresas-rede. Já no nível da **empresa**, observou-se uma **segmentação das capacitações**, a qual permitiu que os comandantes da cadeia se concentrassem em **atividades estratégicas como marketing, vendas e P&D**.

Em consonância com esta reconfiguração, a emergência de uma estrutura competitiva baseada no confronto entre plataformas também exerceu grande influência sobre a dinâmica inovativa do setor. Essa influência ocorreu por meio de dois mecanismos complementares e concomitantes.

O **primeiro** deles está relacionado com o alto grau de complexidade que passou a caracterizar as principais capacitações tecnológicas do setor. Conforme lembra BRESNAHAN (1998), em decorrência da incessante evolução na capacidade de processamento dos artefatos microeletrônicos e da competição pelo estabelecimento de plataformas líderes, observou-se o desenvolvimento de novos módulos aptos a desempenharem funcionalidades cada vez mais complexas. Devido a esse fator, o domínio de uma vasta e crescente gama de conhecimentos por um mesmo agente tornou-se inviável. Assim, com o avanço da evolução tecnológica observa-se um movimento de descentralização crescente destas capacidades em direção a novos agentes.

O **segundo** mecanismo fundamenta-se na emergência de regras e padrões de *design* e atua no sentido de potencializar ainda mais essa segmentação e viabilizar sua integração. Isso porque, na medida em que as possibilidades de desenvolvimento modularizado se consolidaram, permitiram ao mesmo tempo uma maior segmentação das capacitações e criaram regras e padrões de *design*. Essas regras, por sua vez, viabilizaram a integração das mais diversas funcionalidades de um produto através do estabelecimento de padrões de interface e plataformas tecnológicas.

Em síntese, conjugando-se essa segmentação das capacitações à coordenação dos esforços inovativos exercido pelas plataformas tecnológicas, observou-se a descentralização destes esforços. Apesar desta transformação, pode-se observar que a principal força motriz que caracteriza a dinâmica inovativa do setor persistiu. Tal qual

ocorre desde os primórdios da evolução do setor, essa força fundamenta-se num movimento de ampliação contínua do escopo do setor e ocorre por meio de processos de inovação **radical** e **incremental**.

A **inovação radical** substancia-se na emergência de uma nova plataforma tecnológica. Conforme já se apresentou, uma plataforma pode ser entendida como o estabelecimento e a evolução de um conjunto de regras e padrões de arquitetura e interface que possibilitam o processamento independente de tarefas e funcionalidades por meio de módulos distintos. Assim, uma mudança radical nesse conjunto de regras e arquiteturas implica impactos profundos tanto sobre a estrutura do setor quanto sobre as funcionalidades exercidas pelos equipamentos de informática.

O impacto sobre a estrutura do setor ocorre na medida em que as novas regras de *design* e os padrões de interface implicam a necessidade de readaptação das capacitações tecnológicas. Nesse movimento, provavelmente observa-se a emergência de uma estrutura com uma segmentação de competências diferente da anterior. Conforme lembra BRESNHAN (1998), essa nova segmentação tende a acarretar o surgimento de novos agentes em diversos segmentos. Isso porque os investimentos em determinados padrões tecnológicos apresentam altos *sunk costs*, fato este que faz com que as firmas resistam a abandonar suas capacitações e migrar para novas plataformas quando estas ainda estão em fase de consolidação. Dada essa resistência inicial à mudança exibida pelas firmas até então dominantes, os protagonistas da nova plataforma tornam-se aptos a captar as economias de rede. Assim, auferem os benefícios da condição de *first mover* e criam grandes assimetrias competitivas que atuam no sentido de consolidar sua posição de liderança. Um exemplo ilustrativo desta situação pode ser observado por meio do exame da resistência inicial da Microsoft frente à emergência da Internet em meados dos anos 90. Em virtude das inúmeras incertezas de mercado e do potencial de contestação da plataforma tecnológica estruturada no ambiente Windows, a Microsoft mostrou-se inicialmente reticente à utilização das novas tecnologias baseadas no ambiente de Internet. Nesse cenário de hesitação, observou-se o surgimento e a consolidação de vários concorrentes (como a Netscape) que, no momento, chegaram a se configurar como ameaças ao futuro da posição dominante da Microsoft.

Outro importante impacto sobre a estrutura do setor é a reestruturação de sua cadeia de valor. Esse fenômeno ocorre porque o surgimento de um novo padrão tecnológico exerce grandes efeitos sobre as possibilidades de organização da inovação e da produção. É justamente a partir destas possibilidades que se estabelecem as relações entre os diferentes agentes da cadeia. Essas relações, por sua vez, são as responsáveis por engendrar a nova cadeia de valor (BRESNAHAN & MALERBA, 1998).

Já no que diz respeito às funcionalidades desempenhadas pelos equipamentos de informática, observa-se que estas sofrem transformações tanto em seu escopo de atuação quanto na maneira pela qual são realizadas. Em outras palavras, a inovação radical determina tanto quais funções a nova plataforma vai desempenhar quanto por meio de qual maneira essas funções serão realizadas.

Conforme lembra FREEMAN (1987) ao demonstrar a influência de aspectos sociológicos sobre a mudança de paradigmas técnico-econômicos, a determinação destes dois aspectos é condicionada pela conjugação de fatores tecnológicos e sociais / culturais.

Na esfera tecnológica, através da evolução da capacidade de processamento são ampliadas as potenciais funcionalidades passíveis de serem executadas pelos equipamentos de informática. Esse movimento aumenta a capacidade destes equipamentos proverem soluções cada vez mais complexas.

Já na esfera social / cultural, o processo inovativo é bem mais complexo e permeado por uma vasta combinação de fatores. Isso porque nesta esfera a inovação ocorre fundamentalmente através da transformação das maneiras através das quais a sociedade desempenha determinadas tarefas. Ou seja, para que haja a inovação, além de uma plataforma tecnologicamente apta, é necessário que haja um movimento que impulse a sociedade a realizar determinada função por meio de equipamentos de informática. Exemplos clássicos dos impactos destes determinantes sociais / culturais sobre a dinâmica inovativa são as enormes disparidades nas taxas de penetração das atividades de TI em países com níveis de desenvolvimento semelhantes¹⁸.

¹⁸ Talvez a melhor ilustração deste fenômeno seja a comparação entre o grau de penetração das atividades de TI na França e em outros países com níveis de desenvolvimento semelhantes. Segundo

A despeito da importância destes fatores, observa-se que sua influência apresenta-se mais no sentido de delimitar o grau de intensidade do processo. Ou seja, apesar de serem elementos condicionantes, na maioria dos casos não impedem o movimento contínuo de ampliação das fronteiras das atividades de TI. De maneira geral, essa ampliação ocorre através do transbordamento das atividades de informática para setores correlatos.

Os principais objetos de transformação deste movimento personificam-se, então, nas demais atividades do complexo eletrônico. Isso porque, em virtude das semelhanças tecnológicas, concorrenciais e inovativas entre os setores, os produtos eletrônicos tradicionais configuram-se cada vez mais como equipamentos de informática. Esse processo, por sua vez, ocorre na medida em que a crescente incorporação de TI aos demais segmentos do complexo eletrônico modifica e amplia as funcionalidades realizadas por seus equipamentos. Assim, funcionalidades já existentes são realizadas de maneiras mais eficientes ao mesmo tempo em que novas funcionalidades são incorporadas aos produtos.

Além deste transbordamento em direção ao complexo eletrônico, a ampliação do escopo do setor de equipamentos de informática também ocorre através da criação de novos produtos. Esse processo está intrinsecamente vinculado à evolução na capacidade de processamento dos produtos e ao avanço nas técnicas de *design* miniaturizado de componentes. A evolução nestas duas dimensões, por sua vez, potencializa a capacidade de se ampliar o grau de mobilidade dos artefatos. Assim, uma vez que a demanda por mobilidade tem sido uma das principais forças de expansão das atividades de informática, observa-se que cada vez mais a dinâmica inovativa do setor desloca-se para a criação destes novos produtos mais potentes e com maior mobilidade (OECD, 2006).

Além disso, conforme destaca BRESNAHAN (1998), dado que esse fenômeno de aumento substancial da mobilidade é relativamente recente na indústria, ainda há incertezas acerca dos padrões e das plataformas tecnológicas a serem adotadas. A

dados da OECD (2004) para os anos de 2002 e 2003, enquanto que na França cerca de 6% da população assinava serviços de Internet providos em banda larga, na Coreia do Sul, no Canadá e na Bélgica esses números eram respectivamente de 23%, 15% e 12%.

ausência de um padrão dominante, por sua vez, multiplica a atratividade econômica e torna estratégica a presença no segmento. Isso porque, em virtude das diversas características derivadas do modelo de concorrência via plataformas, o eventual controle sobre o padrão tecnológico dominante é a principal fonte de assimetrias competitivas. Dentre os diversos exemplos que ilustram esta busca pelo estabelecimento de padrões dominantes em tecnologias de TI ainda não consolidadas, pode-se destacar o confronto entre HD-DVD e Blu-Ray, e a disputa entre os diferentes padrões tecnológicos disponíveis para TV-Digital e Celulares 3G.

Outro importante mecanismo por meio do qual se apresenta a ampliação contínua do escopo dos equipamentos de informática é a **inovação incremental**. De maneira geral pode-se afirmar que este processo ocorre de forma complementar e paralela à consolidação de plataformas tecnológicas dominantes. A complementaridade, por sua vez, decorre da principal característica do processo de inovação incremental na indústria de equipamentos de informática qual seja, o melhoramento e o avanço tecnológico de produtos complementares. Isso porque é justamente através desta constante inovação em produtos complementares que se habilita a geração de externalidades de rede. Uma vez que estas externalidades são essenciais para a consolidação de quaisquer padrões tecnológicos, compreende-se a importância da inovação incremental para a dinâmica inovativa do setor (BRESNAHAN, 1998).

Segundo GAWER & HERDERSON (2005), esse fenômeno ocorre porque a inovação incremental possibilita a ampliação do escopo das funcionalidades dos produtos complementares. Quanto maiores são essas funcionalidades, maior tende a ser a participação de mercado de uma plataforma. Tal fato observa-se porque, dados os custos de aprendizado e de investimento em equipamentos, os consumidores tendem a demandar plataformas com soluções completas e integradas.

Com o intuito de oferecer essas plataformas ampliadas e integradas, os produtores de equipamentos de informática precisam integrar capacitações relacionadas com a evolução na capacidade de processamento e de *design* dos componentes, e com a habilitação do funcionamento destes equipamentos (LINDEM &

SOMAVA, 2000). Ou seja, observa-se em síntese, que o processo inovativo ocorre de maneira complementar através da evolução nos componentes de hardware e também de software.

Assim, **a maneira pela qual ocorre a integração entre essas duas dimensões condiciona as possibilidades dos processos inovativos, sejam eles incrementais ou radicais.** Porém, as possibilidades de integração são determinadas em última instância pela evolução tecnológica em cada um dos segmentos. Ou seja, a inovação em equipamentos de informática é influenciada, em última instância, pela evolução dos padrões tecnológicos nos segmentos de hardware e software.

Nesse cenário, a forma por meio da qual esses padrões são forjados configura-se como elemento central para compreender a dinâmica inovativa no setor de equipamentos de informática. A despeito da concomitância destes processos, optou-se por utilizar como método de análise o exame separado das atividades de hardware e software. Sendo assim, a evolução tecnológica na atividade de software será analisada no próximo capítulo. Já os determinantes da dinâmica de evolução tecnológica no segmento de atividades de hardware será apresentada a seguir.

Conforme foi mostrado através da análise da cadeia de valor dos equipamentos de informática, a atividade de produção de hardware tem apresentado um alto grau de *commoditização*. Observa-se então que cada vez mais a evolução tecnológica no segmento desloca-se para o início da cadeia, sendo pautada pelas inovações no segmento de semicondutores. Estes são os responsáveis pelos dois processos tecnológicos sobre os quais se assenta a ampliação do escopo do setor, as já citadas **evoluções na capacidade de processamento e no *design* miniaturizado de componentes.** Sendo assim a análise, ainda que breve, dos determinantes destes processos torna-se elemento central para a compreensão da evolução dos padrões tecnológicos no segmento de hardware.

3.2 Dinâmica Concorrencial e Inovativa no Segmento de Semicondutores

Devido ao seu alto dinamismo tecnológico, a indústria de semicondutores tem se posicionado como elemento de importância estratégica na dinâmica inovativa no

segmento de equipamentos de informática. Grande parte da responsabilidade deste fenômeno deriva dos substanciais avanços no desenvolvimento de componentes cada vez menores, mais potentes e mais baratos. Esses avanços, por sua vez, só se tornaram viáveis com a emergência de técnicas de desenvolvimento baseadas na arquitetura *System-on-Chip* (SoC).

Caracterizado pela adoção de estratégias modulares de *design* e pelo desenvolvimento de metodologias de automatização deste processo, o sistema SoC ampliou as possibilidades de integração de componentes em um único *chip*. Em virtude desta integração, observou-se ao mesmo tempo a ampliação das funcionalidades e a miniaturização dos componentes semicondutores.

A conjugação destes processos, por sua vez, impulsionou o já característico movimento de transbordamento das atividades intensivas em TI para setores correlatos. Esse movimento aumentou o potencial de mobilidade de um conjunto amplo de equipamentos e permitiu o aumento de suas funcionalidades paralelamente à drástica diminuição da relação preço / performance destes equipamentos. Como estes movimentos são os principais determinantes da dinâmica inovativa dos equipamentos de informática, observa-se que esta dinâmica é condicionada em última instância pela evolução dos processos de SoC.

O mecanismo pelo qual ocorre a evolução destes processos está intrinsecamente relacionado com a inovação contínua das metodologias modulares e padronizadas de *design*. Isso porque a integração de um número cada vez maior de transistores em um único circuito exige capacitações cada vez mais complexas na atividade de *design*. Ou seja, o pleno aproveitamento do potencial do sistema SoC exige que tanto o número de transistores disponíveis em um circuito quanto a capacidade de gerar padrões de *design* aptos a integrá-los, evoluam de maneira concomitante.

No entanto, a indústria tem observado uma **discrepância crescente** entre a inovação tecnológica nestas duas dimensões principalmente a partir da década de 90. Isso porque se tem observado um aumento significativo da complexidade e da densidade dos circuitos integrados. Esse fenômeno, está relacionado com a chamada

Lei de Moore, a qual apregoa que o número de transistores disponíveis em um circuito dobra a cada aproximadamente 18 meses.

Outro condicionante deste processo é o fato do número das equipes de *design* não ter crescido de maneira suficiente para acompanhar os efeitos da Lei de Moore. Segundo LINDEM & SOMAVA (2000:6), além da pequena oferta de profissionais, essa escassez relativa deriva do fato de que “os profissionais de *design* já são altamente remunerados (...) e um aumento no tamanho das equipes de *design* acarretaria um rápido incremento nos custos de coordenação”.

A fim de superar essas limitações ao processo inovativo, surgem duas principais estratégias, as **práticas de re-uso** e de **terceirização de módulos de *design***.

As **práticas de re-uso** consistem basicamente no desenvolvimento de módulos de *design* com um maior grau de aplicabilidade. Devido a este escopo maior, esses módulos podem ser utilizados em um conjunto mais amplo de artefatos. Essa estratégia, por sua vez, traz importantes impactos sobre a dinâmica concorrencial do setor pois i) aumenta a produtividade do processo, diminuindo assim o tempo necessário ao desenvolvimento de novas funcionalidades e ii) reduz os efeitos da escassez relativa de profissionais de *design*, o que apresenta impactos na estrutura de custos e permite uma melhor alocação das atividades destes profissionais.

A soma destes impactos atua no sentido de amenizar a discrepância entre o aumento do número de transistores em um *chip* e a capacidade de se estabelecer módulos de *design* aptos a integrá-los. Isso porque quanto maior o potencial de re-uso, maior é a possibilidade das equipes de *design* se concentrarem apenas no desenvolvimento de novos padrões com uma maior capacidade de integração de transistores. No entanto, apesar destes efeitos positivos, o estabelecimento de um padrão baseado em práticas de re-uso requer algumas transformações prévias na estrutura organizacional.

Primeiro porque o desenvolvimento de módulos de *design* passíveis de re-utilização envolve uma quantidade de trabalho substancialmente maior por parte das equipes responsáveis. Essa maior intensidade de trabalho, no entanto, não causa impactos positivos imediatos para as equipes desenvolvedoras. Os benefícios oriundos

da possibilidade de re-uso só se manifestam em etapas posteriores do processo e, além disso, são incorporados em diversas etapas. Em outras palavras, enquanto que o ônus do processo é imediato e fica restrito às equipes desenvolvedoras, os benefícios são posteriores e se apresentam de forma fluida e, portanto, difícil de ser apropriada.

A segunda transformação necessária para o re-uso de módulos de *design*, está relacionado com aspectos comportamentais das equipes desenvolvedoras. Isso porque de maneira geral observa-se uma resistência ao uso de módulos desenvolvidos por outras equipes. A maior razão para essa resistência é a incerteza com respeito à capacidade da equipe de solucionar eventuais problemas imprevistos derivados do re-uso de módulos desenvolvidos por outros agentes.

Outra estratégia importante para adequar a evolução da capacidade de *design* ao aumento do número de transistores num *chip* é a **terceirização de módulos de design**. Segundo LINDEM & SOMAVA (2000:6) tal estratégia se consolida

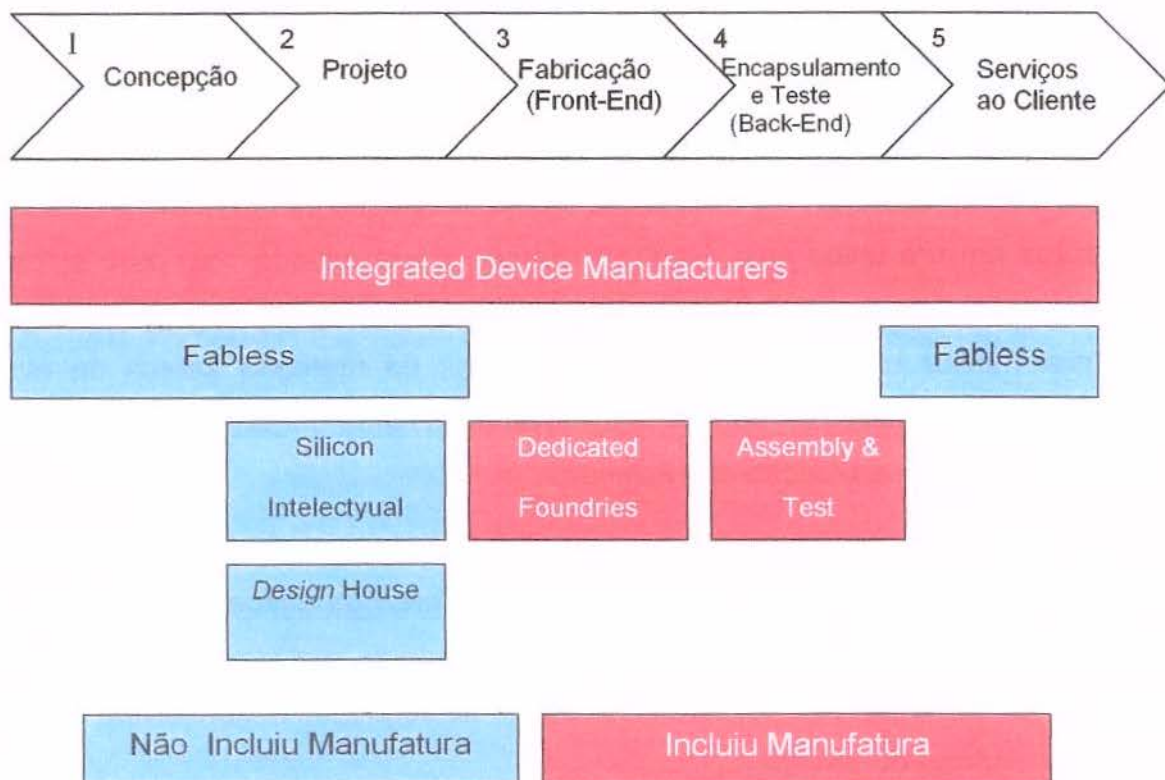
“na medida em que os SoCs tornam-se maiores e mais complexos, e a dificuldade de manutenção da competitividade por uma única firma em todos os elementos funcionais do *design* que estão sendo integrados aumenta substancialmente”.

Em outras palavras, a evolução nos padrões de *design* está relacionada com a integração de capacitações dispersas em um conjunto cada vez mais amplo de agentes. O sucesso desta integração na arquitetura SoC, por sua vez, depende fundamentalmente dos padrões de interface entre os diversos módulos.

Além das tradicionais implicações destes padrões de interface sobre o processo de modularização, a arquitetura SoC apresenta dificuldades adicionais. Dado o alto número de componentes num único *chip*, além do processo de *design*, a capacidade de integrá-los fisicamente torna-se variável decisiva do processo. Isso porque essa integração exige a fabricação simultânea de grande parte dos componentes, visto que estes formam um único *chip*. Assim, a despeito da segmentação das capacitações atuar no sentido de potencializar a modularização, esse processo é limitado pela dificuldade de se estabelecer padrões de interface que viabilizem a integração / montagem dos diversos componentes em um único *chip*.

A interação entre essas tendências de reuso e terceirização, por sua vez, desdobra-se na estrutura organizacional da indústria. Na medida em que se observa uma segmentação crescente das capacitações, surgem novos agentes especializados em etapas específicas do processo produtivo, dando origem a uma estrutura mais desintegrada. Entretanto, dada a maior dificuldade de modularização em determinados componentes, essa estrutura coexiste com *players* presentes em todas as etapas da cadeia produtiva (vide Figura 3.2).

Figura 3.2: Players da Cadeia Produtiva de Circuitos Integrados



Fonte: GUTIERREZ & LEAL (2004)

Num plano, a estrutura desintegrada fundamenta-se no estabelecimento de uma cadeia de valor na qual as capacitações e as atividades estão divididas entre diversos agentes. Conforme destaca ERNST (2006) ao examinar a integração global da indústria

de TI asiática, na maioria das vezes, estes agentes se organizam através de redes globais, com o intuito de integrar capacitações e vantagens comparativas presentes em diversos locais. De maneira geral estas configurações se organizam em torno de empresas sem fábrica (*fabless*), que realizam o projeto do produto e comandam a cadeia de valor (concentrando-se nas fases 1, 2 e 5).

Conforme se pode observar na figura 3.2, as *fabless* concentram suas atividades nas etapas localizadas nos pólos extremos da cadeia produtiva, ou seja, em atividades que não incluem manufatura. O comando sobre estas etapas, por sua vez, é estratégico para a o direcionamento da cadeia produtiva. Isso porque são fases que apresentam alto dinamismo inovativo e alto potencial de agregação de valor.

Outro elemento importante que contribui para este caráter estratégico é o fato destas fases exigirem o domínio de capacitações específicas e complexas. Isso porque, num extremo da cadeia as atividades de concepção e design são as responsáveis pela criação e delimitação das funcionalidades e pela integração de um número crescente de transistores em um único chip. Noutro extremo, a proximidade com os clientes pode contribuir de diversas maneiras, seja *i*) por meio de fluxos de informação necessários para uma melhor compreensão das expectativas do mercado acerca da evolução tecnológica do segmento ou através *ii*) do estabelecimento de parcerias que incentivem a introdução e a disseminação de inovações.

Ainda nesta configuração descentralizada, observa-se além das *fabless* a presença de outras empresas especializadas nas fases de concepção e projeto, entre elas as *Design Houses* e as empresas de Propriedade Intelectual. Enquanto que as primeiras são remuneradas por tarefa realizada, as segundas desenvolvem e licenciam células específicas do projeto.

Em seguida, as fases de fabricação e encapsulamento são realizadas respectivamente pelas *Dedicated Foundries* e agentes responsáveis pelas atividades de *Assembly & Tests*. De maneira geral, estas firmas concentram-se na realização de atividades de manufatura desenvolvidas em escalas altíssimas. Além da magnitude das escalas, outra variável importante para a competitividade destas etapas da cadeia de valor é a disponibilidade de fábricas operando no 'estado da arte'. Isso porque a

miniaturização derivada do avanço dos processos de SoC exige técnicas produtivas, assim como máquinas e equipamentos com elevado grau de precisão. Nesse sentido, apesar de apresentarem menor intensidade inovativa que as fases de concepção e design, a manutenção da competitividade dos processos de manufatura também exige esforços contínuos de P&D.

Em um plano oposto a esta configuração descentralizada encontra-se a cadeia de valor integrada, na qual todas as etapas do processo são realizadas por um único agente. Em virtude da dificuldade de modularização de determinados componentes e também da importância estratégica do domínio de determinadas capacitações, os *Integrated Device Manufacturers* preferem organizar a cadeia de valor de maneira centralizada.

Em síntese, observa-se que **tanto a estrutura organizacional da indústria quanto sua dinâmica inovativa são condicionadas em última instância pela evolução dos processos de SoC**. No que se refere à estrutura organizacional essa influência é determinada pela interação entre a descentralização das capacitações e o potencial de modularização de determinados componentes. Já no que se refere à dinâmica inovativa, tal influência ocorre por meio da compatibilização entre a evolução *i*) no número de transistores disponíveis em um único circuito e *ii*) na capacidade de se gerar padrões de *design* aptos a integrá-los neste único *chip*. Sendo assim, apesar da importância de diversos outros fatores, o exame do processo inovativo das empresas de equipamentos de informática só pode ser compreendido a partir da percepção de que esta compatibilização é seu principal determinante.

Capítulo 4: Atividades de Software¹⁹

Este capítulo trata da dinâmica concorrencial e inovativa das atividades de software. Seu principal objetivo é compreender, por meio do arcabouço analítico descrito no capítulo 2, as especificidades e os determinantes das transformações tecnológicas nestas atividades.

A importância deste objetivo justifica-se na medida em que se observa que as atividades de software têm apresentado importância crescente tanto entre o conjunto das atividades econômicas quanto entre os demais segmentos da indústria de TI.

O aumento da importância relativa do software frente às demais atividades de TI decorre do fato de que no atual paradigma tecnológico, as atividades relacionadas à fabricação de equipamentos de hardware apresentar grau crescente de *commoditização*. Desse modo, devido ao fato de concentrar grande parte do potencial inovativo das TI, o software assume uma posição estratégica nestas atividades. Tal posição estratégica desdobra-se tanto nas esferas tecnológica (comando do processo inovativo), econômica (grande capacidade de agregação de valor) e de *marketing* (grande potencial de diferenciação de produto). Em outras palavras, conforme lembra STEINMUELLER (1995:2) "qualquer aplicação da tecnologia da informação tem como requisito complementar um software que transforma a *tabula rasa* do hardware em máquinas capazes de executar funções úteis".

A despeito de se enquadrarem no paradigma tecnológico descrito no capítulo 2, as atividades de software apresentam algumas características específicas. Essas características decorrem principalmente da imaterialidade do software.

Em virtude desta imaterialidade, seu processo de desenvolvimento difere fundamentalmente daqueles processos que caracterizam os produtos manufaturados tradicionais. Por isso, a compreensão das dinâmicas que caracterizam o setor necessita do exame de alguns elementos qualitativos adicionais.

¹⁹ A elaboração deste capítulo ampara-se em grande parte nos resultados de um conjunto de esforços de pesquisa desenvolvidos ao longo dos últimos quatro anos em parceria com o amigo Prof. Dr. José Eduardo Roselino. Frutos destes esforços surgiram vários trabalhos conjuntos como ROSELINO & DIEGUES (2006a), ROSELINO & DIEGUES (2006b), DIEGUES & ROSELINO (2006a) e DIEGUES & ROSELINO (2006b) além de outras publicações individuais.

O exame e a análise destes elementos adicionais são apresentados na seção 4.1. Num primeiro momento busca-se compreender tecnicamente no que consiste a atividade de desenvolvimento de software. Para tal, são descritas e analisadas as diversas etapas de seu desenvolvimento bem como os determinantes estratégicos da competitividade em cada uma destas etapas.

Em seguida, ainda na seção 4.1, analisa-se de que maneira as especificidades da atividade de desenvolvimento de software desdobram-se nas forças determinantes da dinâmica concorrencial e inovativa do setor. Entre estas forças a seção atribui especial ênfase aos graus de intensidade tecnológica dos diversos segmentos da atividade de software, à capacidade de geração de externalidades de rede e aos ganhos de escala.

Finalizando o capítulo, a seção 4.2 apresenta uma tipologia composta pelos diversos segmentos presentes na indústria de software. A partir desta tipologia, a seção procura destacar a maneira pela qual a dinâmica concorrencial e inovativa se transfigura ao longo dos diferentes segmentos da referida indústria.

4.1 Dinâmica Concorrencial e Inovativa na Indústria²⁰ de Software

Segundo STEINMULLER (1995), software pode ser entendido como um conjunto lógico e sistematizado de instruções e informações que comandam o funcionamento de um equipamento informatizado. Sendo assim, seu desenvolvimento consiste no “processo de conversão de conhecimentos e práticas sociais na forma digital, tornando-os manuseáveis, dissemináveis e controláveis numa plataforma binariamente codificada” (EICHEN, 2002 *apud* ROSELINO, 2006:8). Ou seja, o software configura-se basicamente na transformação do conhecimento tácito em conhecimento codificado.

Em virtude do caráter tácito do conhecimento ser de difícil transmissão, o processo de desenvolvimento de software depende em grande medida de capacitações

²⁰ Tal qual adotado por ROSELINO (1998: 26), “o termo ‘indústria de software’ aqui empregado, advém da tradução do inglês (*software industry*) aceitando-se a definição de ‘indústria’ no sentido mais geral que esta ocupa na língua inglesa, podendo incorporar não apenas as empresas desenvolvedoras de software como produto acabado, mas também empresas prestadoras de serviço associados à software e programas sob encomenda.

humanas específicas e, por isso, concentra-se em grande parte em atividades não automatizáveis. Isso faz com que este processo seja de difícil reprodução. Em outras palavras, as capacitações fundamentais para o desenvolvimento de software estão relacionadas com as atividades de concepção e *design*.

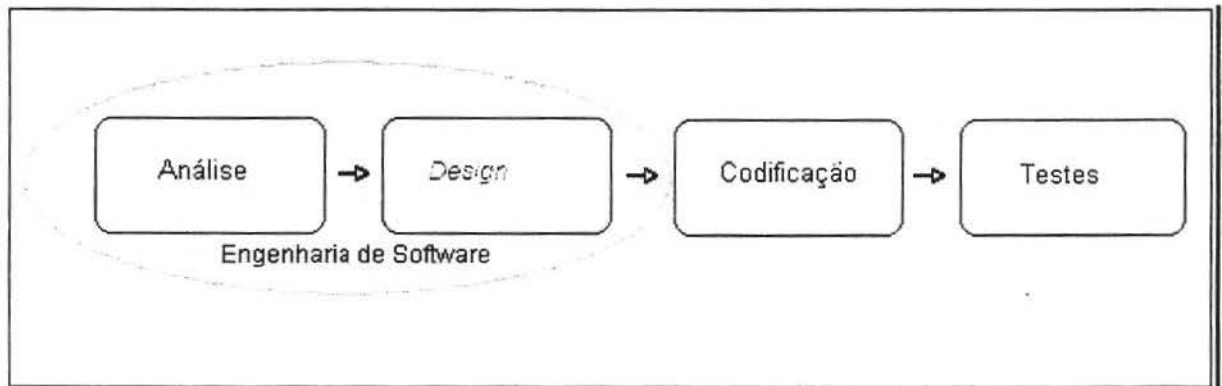
Nesse sentido, o desenvolvimento de software difere fundamentalmente dos demais produtos tradicionais, uma vez que não envolve a etapa de manufatura. Esse fato, por sua vez, faz com que grande parte de seus custos de desenvolvimento se concentrem nas fases de concepção e *design*.

Além disso, a configuração do software na forma de um conjunto imaterial de códigos e especificações logicamente ordenadas lhe atribui mais duas diferenças essenciais dos produtos manufaturados. Primeiro, devido a essa imaterialidade o software não é objeto de desgaste e depreciação física. Segundo, como se configura como um produto lógico, materializado apenas numa seqüência ordenada de códigos binários, possui custos de reprodutibilidade e de disseminação substancialmente mais baixos que os produtos manufaturados.

Com o intuito de destacar as especificidades que caracterizam o processo de desenvolvimento de software, PRESSMAN (2002) apresenta-o a partir de uma perspectiva estilizada, dividida em quatro etapas: análise, *design*, codificação e testes (vide figura 3.3). Apesar da proximidade desta divisão com as características lógicas apresentadas pelo processo real, vale destacar que este apresenta um grau de complexidade muito maior do que insinua a figura. Essa complexidade, por sua vez, decorre em grande medida da constante sobreposição e necessidade de interação contínua entre suas diversas etapas.

Outro ponto importante que impulsiona esta complexidade é o grau de pervasividade das etapas, ou seja, a dificuldade de delimitação destas. **Esse fenômeno decorre da maior dificuldade de modularização da atividade de software frente às demais atividades de TI.** No entanto, apesar da dificuldade de se segmentar o desenvolvimento de software em diferentes etapas e, além disso, de analisá-las de maneira separada e consecutiva, o exercício proposto por PRESSMAN (2002) contribui para sua compreensão lógica.

Figura 3.3: Etapas de Desenvolvimento de Software



Fonte: PRESSMAN (2002) *apud* ROSELINO (2006)

Em uma analogia com o desenvolvimento de produtos manufaturados, a fase inicial do projeto se caracterizaria pela engenharia de produto. Essa fase, por sua vez, se desdobra nas etapas de análise e de *design*.

A análise é a atividade através da qual se procura compreender de que maneira o software se habilitará a prover determinadas soluções. A partir de um conjunto pré-estabelecido de objetivos a serem alcançados, a análise é a responsável pela escolha acerca de quais funções o software deverá realizar. Em síntese, engloba a definição e a especificação das funcionalidades do software.

O *design*, por sua vez, é o responsável pela criação de um conjunto de instruções e informações lógicas que seja apto a executar as funcionalidades especificadas pela fase de análise. Ou seja, envolve a concepção propriamente dita do software. Além de habilitar a execução das funções especificadas anteriormente, o processo de *design* é o responsável pelo estabelecimento das regras de interface, as quais são elementos essenciais para o desenvolvimento do software por meio de processos modularizados. Essas regras condicionam suas possibilidades de conexão com diferentes plataformas de hardware e de software. Desse modo, são as grandes responsáveis pela delimitação do escopo de uma das principais características que influenciam a emergência de padrões dominantes no setor: o grau de interatividade.

Em virtude de serem as responsáveis pela definição e pela construção do software, as atividades de engenharia de software (**análise e design**) **estão na base de sustentação do estabelecimento de estruturas modularizadas**. Essas atividades, por sua vez, frequentemente necessitam de uma proximidade com os clientes. Como a especificação de funcionalidades que consigam prover de maneira eficiente as soluções demandadas é uma atividade altamente complexa, a interação entre desenvolvedores e demandantes torna-se uma característica fundamental da engenharia de software. Tal importância decorre de dois motivos.

Primeiro porque quanto maior o grau de complexidade da solução envolvida, maior é a necessidade de um conhecimento mínimo por parte do desenvolvedor de software do modelo de negócio utilizado pelo demandante.

Segundo porque o caráter tácito do conhecimento dificulta sua transmissão a distância. Assim, a proximidade geográfica além de facilitar esta transmissão, impulsiona o aprendizado, com efeitos positivos sobre a capacidade de introdução de funcionalidades extras no produto (FELDMAN, 1994)²¹.

Agregando-se ao fato de apresentarem uma forte interação entre cliente e desenvolvedor o impacto que possuem sobre as demais fases de desenvolvimento do software, percebe-se o **caráter estratégico das funções de análise e design. Como são as etapas mais complexas e que apresentam maior conteúdo tecnológico, são as atividades mais propícias à incorporação de inovações.**

Em síntese, conforme a figura 3.4 mostra, as etapas de análise e *design* se configuram como funções hierarquicamente superiores no processo de desenvolvimento de software. Isso porque, na medida em que as atividades se deslocam das fases iniciais para o final do processo, observa-se uma diminuição de densidade tecnológica. Ou seja, como as etapas tendem a migrar das atividades de concepção para as atividades de produção, apresentam capacidade cada vez menor de agregar valor ao software.

²¹ A discussão detalhada da relação entre geografia e inovação foge do escopo deste trabalho. Além do já citado trabalho de FELDMAN (1994), esta relação é analisada por diversos outros autores, dentre os quais se destacam CLARK *et al* (2003), SAXENIAN (1994), FELDMAN (1993), AUDRETSCH (1998), AUDRETSCH & FELDMAN (1996), BRESCHI & MALERBA (2001), BELUSSI & GOTTARDI (2000).

Figura 3.4: Agregação de Valor e Estágios de Desenvolvimento de Software



Fonte: Adaptado a partir de Heeks, 1998

É exatamente essa maior proximidade com as atividades de produção que caracterizam as etapas de codificação e teste. Tal qual poderia sugerir uma analogia com o setor manufatureiro, essas fases são em grande parte baseadas na execução de trabalhos rotineiros.

Na etapa de codificação, essa rotina consiste na geração de linhas de código de programação. Já a atividade de teste, como o nome propriamente diz, procura verificar de forma repetitiva e exaustiva o funcionamento do conjunto do software e também de cada uma de suas linhas de código. Como tais tarefas apresentam pouca densidade tecnológica, possuem escassa capacidade de agregar valor ao software.

Em virtude destas características, as etapas de codificação e teste são altamente intensivas em mão de obra. Sendo assim, são as responsáveis por grande parte dos empregos da indústria de software. Nesse cenário, conforme lembra ROSELINO (2006: 33 - 34, grifos originais) pode-se observar

“uma divisão do trabalho no desenvolvimento do software, uma separação entre funções associadas à **concepção**, concentrada nas etapas de análise de requisitos e *design* de alto nível, intensiva em **conhecimento tácito** e desempenhada por profissionais altamente qualificados (analistas de sistema e engenheiros de software), e

a **execução**, localizadas nas etapas de programação e testes, em que o **conhecimento é codificado**, exigindo programadores, usualmente de formação técnica”.

Assim, a despeito das já citadas dificuldades de segmentação cronológica e independente destas referidas etapas, nota-se que estas podem ser delimitadas qualitativamente em dois grupos distintos. A partir desta delimitação torna-se patente a percepção da importância estratégica das funções de concepção como determinantes principais da competitividade do processo de desenvolvimento de software.

Devido ao fato destas atividades concentrarem a maior parte dos custos do processo de criação do software, observa-se a influência fundamental que a escala de produção assume para a viabilidade econômica do software desenvolvido. Isso porque, além deste processo apresentar altos custos fixos, a reprodutibilidade do software pode ser conseguida com custos adicionais muito baixos. Em outras palavras, como grande parte dos custos do desenvolvimento de software estão relacionados com atividades entendidas grosso modo como de P&D, a escala torna-se fator fundamental para a competitividade.

Com o intuito de buscar diminuir os altos custos das fases que caracterizam a engenharia de software, observa-se uma tendência **de busca contínua no setor pelo estabelecimento de arquiteturas modularizadas**. Com base neste fenômeno seria possível segmentar em módulos o desenvolvimento dos mais diversos tipos de funcionalidades que compõe o software.

Num primeiro momento, tal segmentação seria responsável pela diminuição da complexidade do sistema e pelo consequente aumento da produtividade e da eficiência do processo de desenvolvimento de software.

Posteriormente, uma vez que os módulos se configuram em sistemas com funcionamento autônomo e independente, esses módulos poderiam ser combinados de diferentes maneiras para originar novos softwares. **Ou seja, a modularização permitiria o re-uso dos diversos componentes que compõe um software específico**. Assim, a combinação de características do processo de modularização permitiria aumentar substancialmente os ganhos de escala da atividade de desenvolvimento de software.

Além da importância deste fenômeno para a diluição dos custos fixos, quanto maior é a escala de produção maior é a capacidade de uma plataforma de software fomentar a geração de externalidades de rede. Tal qual ocorre com os demais segmentos de TI organizados em estruturas modularizadas, a capacidade de geração de externalidades é elemento fundamental para a consolidação de padrões tecnológicos. Esse fenômeno, por sua vez, relaciona-se intrinsecamente com a maneira pela qual os usuários percebem a utilidade e, em consequência, atribuem valor aos mais variados produtos.

Na medida em que a rede de usuários de determinado produto aumenta, ocorrem dois fenômenos principais.

Primeiro, a interação entre usuários de produtos semelhantes engendra processos de aprendizado coletivo. Assim, quanto maior o espectro de utilização de determinada tecnologia, maior o grau de familiaridade e de domínio de suas funcionalidades pelos usuários.

Segundo, a consolidação de um determinado produto no mercado, diminui as incertezas e os riscos acerca do padrão tecnológico sobre o qual este é desenvolvido. Conjugando esses menores riscos aos incentivos originários da geração de externalidades de rede, observa-se uma tendência de atração de empresas desenvolvedoras de produtos complementares para o mesmo padrão tecnológico. Assim, dada a organização da indústria em torno de processos de modularização, atração destas empresas consolida-se principalmente por meio da incorporação de novas funcionalidades aos produtos já estabelecidos e do desenvolvimento de produtos complementares. **É justamente esse movimento que se configura no principal aspecto da dinâmica inovativa no setor de software.**

Em decorrência de o setor ser caracterizado por um alto dinamismo tecnológico, o processo de consolidação e evolução de plataformas dominantes de software é uma fonte contínua de novas oportunidades. Muitas vezes essas possibilidades exigem o domínio de um complexo conjunto de capacitações, as quais são difíceis de serem concentradas em apenas um único agente. Assim, compreende-se porque a evolução tecnológica abre espaço para a atração de novas firmas especializadas.

A partir do domínio de capacitações complementares essas firmas desdobram seus esforços inovativos em duas etapas a saber, a prospecção e o desenvolvimento de novas funcionalidades complementares. Utilizando a perspectiva de análise do processo de desenvolvimento de software descrita na **figura 3.3**, observa-se que essas etapas confundem-se grosso modo com as fases de análise e design. Um exemplo de tal fenômeno pode ser observado ao se examinar o processo de emergência e consolidação das plataformas baseadas em softwares de código aberto. Na medida em que estas se consolidavam, um número crescente de firmas passou a direcionar parte de seus esforços e capacitações com o intuito de se inserirem nestas plataformas a partir da prospecção e do desenvolvimento de funcionalidades complementares.

Assim como a etapa de análise, a prospecção procura identificar potenciais funcionalidades que podem ser incorporadas ao software. Em outras palavras, a prospecção procura identificar a viabilidade de incorporação de soluções complementares à plataforma de software dominante. A partir da identificação destas, a etapa seguinte é definir e especificar as funcionalidades do software.

Definido o escopo da inovação, o próximo passo consiste em incorporar as modificações ao software. Essa tarefa, ou seja o desenvolvimento do produto, se concretiza na atividade de *design*. Ao ser responsável pela criação de um conjunto de instruções e informações lógicas que seja apto a executar as funcionalidades, a atividade de *design* materializa a potencial inovação.

As fases seguintes, de codificação e teste, complementam o desenvolvimento do software. Entretanto, por envolverem apenas atividades rotineiras, não apresentam impacto substancial sobre a dinâmica inovativa. Em outras palavras, a análise do processo inovativo exacerba a hierarquia entre as etapas do desenvolvimento de software. Esse fato ocorre porque grande parte do potencial tecnológico do processo se concentra nas fases de **análise e design**. Como essas atividades são caracterizadas pela **predominância do conhecimento tácito como insumo fundamental**, sua codificação e replicabilidade tornam-se inviáveis. Desse modo tornam-se **determinantes estratégicos do potencial inovativo** de cada firma.

Além da incorporação de inovações por meio do desenvolvimento interno de produtos complementares, outro mecanismo muito utilizado pelas firmas de software para incorporar avanços tecnológicos são as fusões e aquisições (F&A). Na medida em que estes avanços podem ser incorporados por meio da criação de novos módulos, grande parte das vantagens desta estratégia está relacionada com a rapidez do processo e a desnecessidade de domínio de capacitações muitas vezes complexas.

Num cenário em que se observam elevados riscos que envolvem o processo inovativo e uma vasta (e incerta) gama de possibilidades de incorporação de novas funcionalidades, as F&A apresentam no mínimo duas vantagens. Além do evidente aumento da velocidade conjugado à diminuição das incertezas do processo, atuam como mecanismo de consolidação de mercado.

Ao incorporar uma gama mais ampla de funcionalidades complementares e, ao mesmo tempo, ampliar escalas, as F&A acabam funcionando também como um importante instrumento de *lock-in*. Isso ocorre porque atuam no sentido de consolidar plataformas e ampliar o potencial de apropriação das externalidades de rede pela empresa líder da plataforma. A soma destes dois fatores gera um “trancamento” do mercado.

Uma vez que tanto usuários quanto uma vasta gama de firmas que orbitam em torno da plataforma apresentam altos custos de saída (decorrentes dos investimentos tecnológicos e dos custos de aprendizado), o efeito de trancamento tende a se reforçar. Ou seja, as plataformas tecnológicas tendem a ser estáveis. Esse fenômeno faz com que o momento de entrada no mercado seja um determinante fundamental da dinâmica competitiva no setor de software. Isso porque não necessariamente a plataforma que apresentar superioridade tecnológica tenderá a ser a dominante.

A despeito da importância da existência de produtos tecnologicamente eficientes, a liderança da plataforma é muito mais influenciada pela capacidade de determinado produto gerar externalidades de rede. Dado o caráter auto-reforçador deste mecanismo, o agente *first mover* concentra assimetrias competitivas que lhe conferem vantagens substanciais em relação aos demais. Em síntese, mais do que a superioridade

tecnológica, é o *timing* do estabelecimento de determinado software que condiciona seu sucesso.

Quanto maiores são as intensidades dos efeitos de *lock-in*, maior é o grau de concentração da indústria em torno da plataforma líder. A partir desta mesma perspectiva, ROSELINO (1998: 75) caracteriza esse movimento como uma força centrípeta que atua no sentido de consolidar as posições dominantes. Ainda segundo o autor, tal fato ocorre porque

“os usuários demandam preferencialmente tecnologias compatíveis, que permitem a transferência de arquivos entre aplicativos ou equipamentos distintos”. Sendo assim, “esta decorrência da interatividade inter-segmento resulta em vantagens para que empresas já estabelecidas em determinados segmentos expandam seus domínios sobre outros segmentos do mercado”.

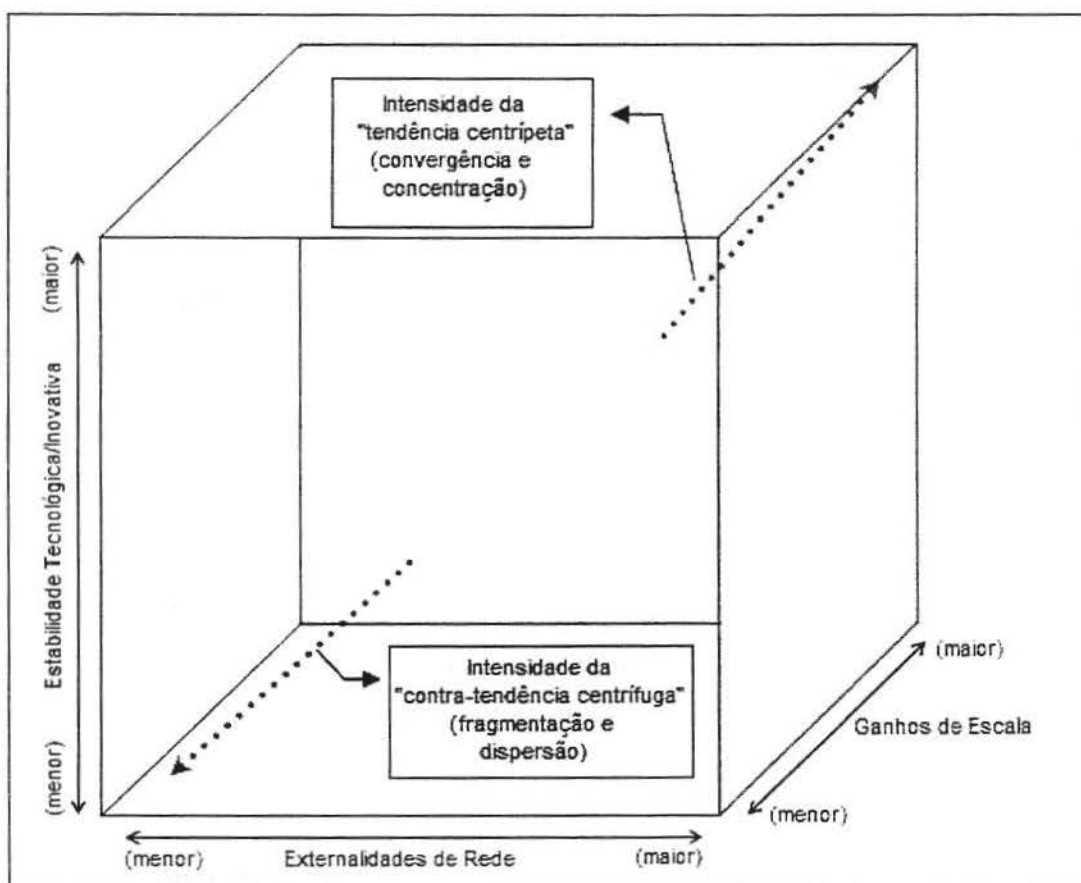
Não obstante o caráter auto-reforçador deste fenômeno, a intensidade da força centrípeta é contra-balanceada pelo rápido ritmo de evolução tecnológica que caracteriza o setor. Isso porque em decorrência das mudanças tecnológicas, origina-se um espectro muito amplo de novos nichos e segmentos de mercados inexplorados. O aproveitamento destas oportunidades, por sua vez, tende a ser explorado em grande parte de maneira descentralizada.

Primeiro, porque essa múltipla gama de possibilidades muitas vezes exige o domínio de um conjunto complexo e distinto de capacitações que se encontra disperso entre os agentes.

Segundo porque a empresa líder poderia entender que o desenvolvimento de novos produtos tenderia, de certa forma, ameaçar futuramente a plataforma dominante. Logo, tornar-se-ia inclinada a não contribuir para o desenvolvimento destes novos segmentos. No entanto, a intensidade deste último motivo depende fundamentalmente do grau de evolução (e em consequência, de ameaça) do padrão tecnológico que caracteriza esses novos segmentos. Fundamentando-se nesta mesma perspectiva, ROSELINO (1998) denomina esse fenômeno como força centrífuga.

A partir destas constatações nota-se que os graus de intensidade que caracterizam essas as forças centrípeta e centrífuga são reflexos, em última instância, da interação entre os demais fatores determinantes das dinâmicas concorrencial e inovativa da atividade de software (vide figura 3.5). Analisando estes fatores a partir da compreensão dos efeitos decorrentes da organização da indústria em torno de plataformas, ROSELINO (1998) atribui especial ênfase aos graus de intensidade tecnológica dos diversos segmentos da atividade de software, à capacidade de geração de externalidades de rede e aos ganhos de escala.

Figura 3.5: A Dinâmica Competitiva da Indústria de Software: os Elementos Determinantes da “Tendência Centrípeta” e da “Contra-Tendência Centrífuga”



Fonte: ROSELINO (2006)

Conforme se pode observar na figura, as intensidades das forças centrípeta e centrífuga são essencialmente dinâmicas. Isso porque evoluem *pari passu* à conjugação da intensidade assumida por cada um dos três eixos da figura. Assim, na medida em que se observa uma maior intensidade da estabilidade tecnológica/inovativa, das externalidades de rede e dos ganhos de escala verifica-se o prevalescimento da tendência centrípeta na indústria. De maneira oposta, quanto menores são as intensidades da estabilidade tecnológica/inovativa, das externalidades de rede e dos ganhos de escala, maior é a intensidade da "contra-tendência centrífuga".

Em virtude do mercado de software apresentar um alto grau de segmentação, observa-se que os aspectos qualitativos que caracterizam sua dinâmica concorrencial e inovativa apresentam-se com intensidades distintas em seus diversos segmentos. É justamente por esse motivo que a compreensão pormenorizada desta dinâmica é mais bem fundamentada a partir da análise de cada um destes segmentos a saber, software-serviço de baixo valor, software-serviço de alto valor, software-produto customizável, software embarcado e software pacote.

4.2 Segmentos na Indústria de Software.

Embora a abordagem da dinâmica concorrencial e inovativa das atividades de software desenvolvida neste capítulo analise qualitativamente de maneira pormenorizada os diversos aspectos desta atividade, vale destacar que a indústria de software distribui-se em diversos segmentos heterogêneos. Estes segmentos, apesar de se enquadrarem no mesmo arcabouço analítico utilizado neste capítulo, apresentam algumas especificidades.

De maneira geral, pode-se afirmar que estas especificidades decorrem das diferentes intensidades com que se apresentam as principais variáveis que influenciam a dinâmica concorrencial e inovativa do setor. Em outras palavras, a conjugação de diferentes graus de externalidades de rede, intensidade tecnológica e ganhos de escala confere dinâmicas particulares aos diversos segmentos.

A diferenciação destes segmentos pode ser efetuada a partir de diversas perspectivas. Uma primeira hipótese, mais genérica, seria classificar as atividades de

software segundo os tipos de mercados aos quais se destinam. Assim, de um lado teríamos o software horizontal (como processadores de texto, ou seja, produtos com funcionalidades destinadas ao provimento de soluções universais) e de outro o software vertical (destinado ao atendimento de nichos específicos).

No entanto, utilizando o modelo analítico descrito em M.I.T. (2002), procurou-se adotar uma classificação mais segmentada que possibilitasse a visualização da maneira pela qual a dinâmica concorrencial e inovativa se transfigura ao longo dos diferentes extremos desse espectro de segmentos. Desse modo, utilizou-se como primeira aproximação a divisão do software em atividade de serviço e em produto. A partir daí a separação ocorreu por meio de uma gradação de segmentos (vide quadro 3.1).

Quadro 3.1: Modelos de Negócios na Atividade de Software

	← Serviços		Produtos →		
	1	2	3	4	5
	Serviço Baixo Valor	Serviço Alto Valor	Produto Customizável	Componente Embarcado	Produto Pacote
Custo Marginal de + 1 venda	Virtualmente constante	Virtualmente constante	Menos que constante	Mais que zero	Virtualmente zero
Estrutura de Mercado	Local, muito fragmentada	Alguma regional, mais global	Regional e global	Regional e global	Global, muito concentrada
Relação com o Cliente	Um para um	Um para um	Um para vários	Um para vários	Um para muitos
Modelo de Venda	Direto	Direto	Direto, VARs, varejo	Direto	VARs, varejo
Objeto de Venda	Projeto ou recurso	Projeto	Licença e projeto	Licença e pequena adaptação	Licença
Variável Chave	Custo	Utilização de capacidade	Número de clientes	??	Quota de mercado
Especificação do Trabalho	Cliente	Cliente, partilha	Própria, partilha	Própria	Própria
Capacidade Crítica	Processo	Processo, relação cliente	Análise requerida clientes, tecnologia	Relação com clientes, tecnologia	Estratégia, arquitetura
Barreira a Entrada	Competição (baixo custo)	Reputação	Acesso mercado, tecnologia	Acesso mercado, tecnologia	Investimento, risco
Exemplo	Integração de sistemas	Desenvolvimento customizado, P&D por contrato	ERP, CRM, produto vertical	ASP, segurança	Processadores de texto
Empresa Típica	Firmas locais, firmas globais	IBM, locais	SAP, Oracle, locais	Ericsson, locais	Microsoft

Fonte: M.I.T. (2002)

É interessante destacar que, conforme se desloca em uma determinada direção do quadro, o grau de intensidade de cada um dos principais fatores determinantes da dinâmica concorrencial e inovativa do setor (externalidades de rede, ganhos de escala e intensidade tecnológica) evolui no mesmo sentido. Assim, partindo-se do software-serviço de baixo valor em direção ao software-produto pacote, migra-se de um segmento que apresenta níveis baixos de externalidades de rede, de ganhos de escala e de intensidade tecnológica em direção a segmentos em que estas características apresentam-se gradativamente em níveis mais elevados. É justamente por meio da percepção desta evolução que se buscará destacar as dinâmicas de cada modelo de negócio distinto.

Vale destacar que, apesar de pertencer à tipologia expressa no quadro 3.1, a atividade de software embarcado não será analisada. Apesar da importância quantitativa desta modalidade para a indústria de software, esta atividade não será analisada por dois motivos principais.

Primeiro porque é desenvolvida em empresas distribuídas em um amplo e diversificado espectro de segmentos. A partir desta segmentação, quaisquer esforços que procurassem analisar a dinâmica concorrencial e inovativa da atividade como um todo seriam excessivamente genéricos.

Segundo porque muitas vezes o desenvolvimento de software embarcado se posiciona em estágios hierarquicamente inferiores nas decisões estratégicas das cadeias em que se inserem. Isso porque, o software embarcado configura-se como uma espécie de insumo que tem como objetivo habilitar o funcionamento de determinado equipamento. Ou seja, nesse caso o principal objeto de análise é o equipamento e não o software embarcado. Desse modo, todas as decisões estratégicas que envolvem a dinâmica concorrencial e inovativa no referido segmento estão relacionadas de maneira muito mais estreita com esse equipamento, e não com a atividade de software.

4.2.1. Software-serviço de Baixo Valor

As atividades de software-serviço de baixo valor consistem basicamente na geração e manutenção de softwares com um conjunto bem simplificado e limitado de funcionalidades. São atividades intensivas em mão de obra e que atuam em um segmento de mercado composto por clientes altamente heterogêneos. Estes clientes, distribuem-se através de uma vasta gama de atividades, necessitam de soluções simples e que não demandam o domínio de capacitações complexas.

Como envolvem geralmente atividades de implantação de sistemas informatizados com poucas funcionalidades e a manutenção destes através do processamento de dados, grande parte das atividades desenvolvidas são funções rotineiras e repetitivas. Além disto, são baseadas em conhecimentos genéricos e, portanto, facilmente codificáveis. Agregando-se a essa constatação o fato da especificação do projeto geralmente ser de responsabilidade do demandante, fica patente o baixo potencial inovativo destas atividades. Em outras palavras, como se concentram apenas nas fases de execução (codificação e teste) do processo de desenvolvimento de software, estas atividades não têm poder de influência sobre a concepção e a incorporação de funcionalidades ao software.

Em virtude de ser uma atividade essencialmente de execução de um projeto pré-estabelecido, o custo da mão de obra torna-se a principal variável competitiva. Uma vez que os projetos são estabelecidos pelos demandantes e, dada a enorme variedade de segmentos de mercado em que estes atuam, a possibilidade de se auferir ganhos de escala é praticamente nula. Isso porque a possibilidade de modularização nas fases de codificação e teste é pequena, o que limita a estratégia de re-uso e torna o custo marginal de uma venda adicional virtualmente constante.

Paralelamente, por não serem responsáveis pelas fases de concepção do projeto, as empresas prestadoras de serviços de baixo valor não conseguem impulsionar um grau mínimo de padronização tecnológica de seus serviços. Ou seja, não há o estabelecimento de uma plataforma dominante e, em conseqüência, inexistem externalidades de rede.

Nesse cenário em que se observa uma atividade com baixo potencial tecnológico e inovativo, e caracterizada pela inexistência de economias de escala e de externalidades de rede, o **prevalescimento das forças centrífugas** torna-se patente. Assim, como inexistem sólidas barreiras à entrada e a relação entre cliente e fornecedor é de um para um, observa-se uma estrutura de mercado altamente fragmentada, caracterizada pelo predomínio de empresas locais (próximas aos clientes) cujos custos de mão de obra são os principais diferenciais competitivos.

4.4.2 Software-serviço de Alto Valor

O segmento de alto valor é aquele em que a atividade de software-serviço envolve o desenvolvimento de um conjunto de funcionalidades amplas com vistas ao provimento de soluções complexas. Concentra-se principalmente nas fases de concepção e análise de requisitos do processo de desenvolvimento de software. Sendo assim, necessita do domínio de capacitações e de processos tecnológicos complexos.

A importância destas capacitações deriva em grande medida do fato da especificação dos projetos ser compartilhada. Ou seja, o prestador de software-serviço de alto valor também é responsável pela concepção e pela especificação das soluções a serem desenvolvidas.

Entretanto, essa responsabilidade compartilhada no estabelecimento do projeto aumenta as incertezas para o prestador de serviço de software. Com o intuito de minimizar esta incerteza e construir vantagens competitivas, torna-se necessário um conhecimento mínimo do modelo de negócio utilizado pelo cliente. Isso faz com que se busque estabelecer uma interação intensa com o cliente, a qual acaba configurando-se como uma importante capacidade crítica para o sucesso do processo de desenvolvimento do software-serviço de alto valor.

Essa co-responsabilidade na elaboração do projeto somada à busca por soluções complexas confere uma autonomia tecnológica maior às desenvolvedoras de software, potencializando assim a dinâmica inovativa do segmento. Isso porque tanto o entendimento do modelo de negócio do cliente quanto a concentração do

desenvolvimento de software nas fases de análise e *design* são intensivos em conhecimentos específicos e tácitos. Essa necessidade de conhecimentos específicos e tácitos, conjugada à importância de uma sólida reputação com os clientes, cria barreiras à entrada.

Outro fator com importância crescente sobre a dinâmica competitiva do segmento é o processo de geração de ganhos de escala. A despeito de ainda ser um movimento incipiente, cada vez mais as empresas do segmento têm buscado estabelecer estratégias de reutilização de componentes responsáveis por funcionalidades mais genéricas. Tais estratégias são importantes porque têm a capacidade de diluir, ainda que parcialmente, os altos custos relacionados à concepção dos projetos e à análise e especificação das funcionalidades do software. Assim, quanto maior a quantidade de clientes de uma determinada empresa, maior tende a ser sua capacidade de construir um conjunto de componentes potencialmente reutilizáveis.

No entanto, essa tendência à geração de economias de escala é amenizada pelo fato das empresas demandantes estarem dispersas em um escopo muito heterogêneo de atividades. Assim, apresentam uma menor capacidade de demandar um conjunto mínimo de soluções semelhantes, o que prejudica a estratégia de reutilização de módulos e componentes.

Além de diluir a capacidade de aproveitamento de economias de escala, essa fragmentação dos demandantes em nichos e segmentos de mercado específicos prejudica a geração de economias de rede. Ou seja, como o software se destina ao provimento de soluções específicas, os benefícios da padronização não se verificam. Assim, observa-se no segmento a **atuação simultânea das forças centrípeta e centrífuga**.

A tendência à concentração decorre do estabelecimento de barreiras à entrada a partir de dois motivos. Primeiro em decorrência de alguns benefícios de escala auferidos pelas empresas com maior reputação. Segundo a partir das restrições tecnológicas impostas pelo fato do software-serviço de alto valor exigir o domínio de um conjunto de capacitações mais complexas.

Já a força centrífuga decorre principalmente da grande fragmentação dos mercados de serviços de alto valor. Ao segmentarem-se em diversos nichos, estes serviços exigem o domínio de capacitações muito dispersas e específicas, e dificultam a geração de ganhos de escala. Essa correlação de forças, por sua vez, implica a coexistência de uma estrutura de mercado com agentes com bases regionais e globais.

4.2.3 Software-produto Customizável

O software-produto customizável é caracterizado pelo desenvolvimento de um conjunto central de funcionalidades que tem como objetivo principal o provimento de soluções padronizadas comumente demandadas por determinados segmentos de mercado. A partir deste núcleo comum há a possibilidade de agregação de novos tipos de funcionalidades de acordo com as exigências dos demandantes. Além disso, o próprio núcleo do produto pode sofrer algumas pequenas alterações a fim de se adequar melhor a determinadas soluções.

O desenvolvimento destas funções presentes tanto no núcleo central quanto nas partes customizáveis necessita o domínio de um conjunto amplo e complexo de capacitações. Somente a elaboração deste núcleo central já exige a realização de dois tipos de funções específicas. Primeiro é necessário um entendimento mínimo das diversas etapas do modelo de negócio que caracteriza o segmento que será objeto do software. Segundo, depois da compreensão deste modelo, é necessário a elaboração de um projeto de engenharia de software que disponibilize e integre de maneira eficiente um espectro variado de funcionalidades.

Na fase seguinte, a atividade de customização envolve o aprofundamento do conhecimento das necessidades do demandante. Para isso são necessárias capacitações básicas para prover soluções competitivas e de maneira rápida, o que implica a necessidade da empresa desenvolvedora estar *up to date* com o estágio da tecnologia. Além disso, esta empresa deve promover um processo de interação e de aprendizado contínuos com o demandante, a fim de compreender melhor as funcionalidades requeridas por este nas mais variadas circunstâncias.

Assim, em face da complexidade destas atividades e do fato da empresa desenvolvedora ser a principal responsável pelo projeto de software, observa-se que a intensidade tecnológica torna-se uma capacidade crítica para sua dinâmica competitiva e inovativa.

Devido ao fato do software-produto oferecer um núcleo central de funcionalidades básicas, observa-se a possibilidade de geração de ganhos de escala. Uma vez que essas funcionalidades padronizadas podem ser reutilizadas com custos de reprodução muito baixos, o custo da venda de uma unidade adicional torna-se decrescente. Desse modo, a quantidade de clientes torna-se uma variável chave para potencializar os ganhos de escala e assim construir assimetrias competitivas.

Também em decorrência da capacidade de padronização de algumas funcionalidades centrais, começa-se a observar alguns efeitos no sentido de se gerar economias de rede. Esses efeitos tornam-se cada vez mais intensos na medida em que ampliam a participação no mercado de determinado software-produto. A ampliação dessa participação ocorre de duas maneiras. Na primeira delas a própria desenvolvedora do software amplia suas vendas para novos agentes e novos segmentos de mercado. Na segunda delas o movimento está relacionado com a expansão de mercado das empresas que já são clientes. Neste movimento a expansão assume um caráter de certo modo passivo. Isso porque, com o intuito de manter a padronização e a compatibilidade de seus processos de gestão, estas empresas tendem a expandir a demanda pelos softwares já utilizados.

A combinação destes efeitos de externalidades de rede às barreiras tecnológicas e aos ganhos de escala confere **forte intensidade às forças centrípetas**. No entanto, as forças centrífugas também se fazem presentes no segmento, embora em menor intensidade. Essa intensidade, por sua vez, está estritamente relacionada com o grau de customização do produto. Isso porque, quanto maior esse grau, menor é o efeito das externalidades de rede, dos ganhos de escala e maior é a importância do estabelecimento de interações contínuas com os demandantes.

4.2.4 Software Pacote

O software pacote é caracterizado pela disponibilização de um conjunto de funcionalidades que apresentam um grau de aplicabilidade muito variado. De maneira geral, essas funcionalidades apresentam um baixo nível de especificidade e, por isso, são capazes de prover soluções aos mais diversos tipos de atividades.

Devido a essa alta pervasividade entre diversos segmentos, exigem o domínio de inúmeras capacitações. Não obstante, ainda que apresentem um grau relativamente alto de generalidade, a transformação destas capacitações em soluções integradas e passíveis de utilização em diversos segmentos envolve atividades tecnologicamente complexas.

A concepção do projeto do software pacote está inteiramente sobre o comando da empresa desenvolvedora. Uma vez que visa o provimento de soluções prontas e com amplo grau de aplicabilidade, a interação com os potenciais demandantes apresenta-se em menor intensidade que nos demais setores descritos anteriormente. Entretanto, essa menor interatividade aumenta as incertezas do processo. Além disso, também contribui para aumentar substancialmente a importância das fases de análise e *design*. Isso porque, visto que o software pacote oferece soluções prontas, a arbitragem que envolve o processo de especificação das funcionalidades a serem demandadas pelo público alvo é variável crítica para o sucesso do produto.

A importância estratégica do processo de engenharia de software impõe grandes barreiras à entrada no setor. Ao exigir o domínio de capacitações relacionadas com a elaboração de projetos altamente complexos, limita o número de potenciais entrantes aptos a competir no segmento. De maneira complementar, observa-se que os esforços de concepção de projetos de software que apresentem funcionalidades amplas envolvem altos custos. Essa necessidade de altos volumes de recursos financeiros, por sua vez, restringe substancialmente o número de potenciais entrantes.

Em virtude destas características, a economia de escala torna-se variável fundamental para a criação de vantagens competitivas no segmento. Isso porque permite, dados os baixos custos de reprodução que caracterizam o software-pacote, a diluição dos custos fixos em um número elevado de unidades. Em outras palavras, a

quota de mercado torna-se um fator crítico para o estabelecimento de posições sólidas e até mesmo para a sobrevivência no mercado.

Outro fator que assume uma importância estratégica na dinâmica competitiva do software pacote é a geração de externalidades de rede. Como os produtos são padronizados e apresentam um alto potencial de interatividade, são gerados efeitos de aprendizado coletivo que potencializam o processo de *lock-in*. No entanto, vale destacar mais uma vez que a capacidade de geração destas externalidades não decorre necessariamente das qualidades técnicas de determinado produto. Esta capacidade está associada, em grande parte, ao *timing* de entrada de determinado produto no mercado e não exclusivamente às suas especificações tecnológicas.

Em suma, observa-se que todos os principais fatores que influenciam a dinâmica concorrencial e inovativa atuam no mesmo sentido, qual seja, o de **potencializar os efeitos da força centrípeta**. Esses efeitos materializam-se na criação de padrões dominantes altamente consolidados, cujo desenvolvimento é comandado por agentes globais.

Já a força centrífuga apresenta-se com pouca intensidade. Isso porque, o único componente capaz de potencializar seus efeitos nesse cenário é a possibilidade de inovações que imponham mudanças radicais às plataformas dominantes. Assim, conforme lembra ROSELINO (2006:42), observa-se que é nesse segmento “(...) que os aspectos específicos do software se desdobram em efeitos mais marcantes sobre a dinâmica competitiva.”

Em síntese, a despeito do conjunto destes segmentos se materializar, grosso modo, na indústria de software, nota-se entre estes uma hierarquia principalmente no que diz respeito ao potencial inovativo. Essa hierarquia, por sua vez, decorre dos diferentes graus em que as externalidades de rede, a intensidade tecnológica e os ganhos de escala se apresentam em determinado segmento.

Assim, iniciando-se o exame destes segmentos a partir do software-serviço de baixo valor em direção ao software pacote (examinando também as posições intermediárias de software-serviço de alto valor e software-produto customizável),

observou-se que é justamente na medida em que estes fatores se apresentam em intensidade maior que o software distancia-se cada vez mais das características do setor de serviços, ressaltando suas especificidades concorrenciais e inovativas sobre as demais atividades do atual padrão técnico-produtivo.

Conclusão

A indústria de Tecnologia de Informação apresenta importância crescente entre as demais atividades econômicas. Ao ser responsável por parcelas crescentes da riqueza econômica, dos fluxos de comércio, do emprego e dos gastos em atividades inovativas, configura-se como uma das atividades mais importantes do atual paradigma técnico-econômico.

Além destes efeitos diretos, a importância das TI desdobra-se em diversos outros aspectos que, ao transbordarem as fronteiras desta indústria, exercem substanciais impactos indiretos sobre as dimensões econômica e tecnológica de um amplo conjunto de segmentos.

Ao examinarem-se estes impactos, mostrou-se que eles estão intrinsecamente relacionados com o caráter transversal e pervasivo das TI. Isso porque, em virtude de suas especificidades, além de se apresentarem como bens e serviços finais, as atividades de TI também se materializam na forma de insumos produtivos. Nesta configuração, inserem-se como elos intermediários e atividades embarcadas em diversas outras cadeias produtivas, fato este amplia substancialmente sua dimensão econômica.

Não obstante este potencial econômico, outro aspecto estratégico derivado deste caráter transversal e pervasivo é a influência que as contínuas transformações tecnológicas nas TI exercem sobre a dinâmica concorrencial e inovativa dos diversos setores da economia nos quais ela se faz presente. Assim, destacou-se que cada vez mais a evolução tecnológica nas TI configura-se como um condicionante fundamental dos processos inovativos, do aumento da eficiência e da produtividade em uma diversa gama de setores, com especial destaque para o complexo eletrônico.

Refletindo esta importância crescente das TI, procurou-se traçar um panorama geral desta indústria, destacando diversos aspectos de sua dimensão internacional e nacional.

No que se refere à dimensão internacional, mostrou-se o processo de retomada do crescimento do setor após a crise de 2001 – 2002, destacando a manutenção da tendência de aumento da importância relativa da indústria de TI no valor agregado industrial, e no total do emprego e do investimento agregado. Também se destacou que, apesar desta retomada ser um fenômeno generalizado em escala global, os países da OECD ainda concentram grande parte do faturamento e dos gastos em P&D das atividades de TI.

Paralelamente à retomada do crescimento, também se observou uma tendência de reestruturação dentro da própria indústria. Nesta tendência, procurou-se destacar o aumento da participação dos segmentos de serviços e de software em contrapartida da diminuição na participação do segmento de hardware, além do processo de organização da indústria por meio do estabelecimento de cadeias globais de valorização.

A partir de uma estrutura de governança comandada pelas empresas transnacionais, mostrou-se o surgimento de uma grande segmentação em escala global das etapas de desenvolvimento e produção, com a integração a esta cadeia de um número crescente de países, sobretudo do leste europeu, e do sudeste e leste asiáticos.

Agregando-se a este movimento a importância de um imenso mercado interno com altas taxas de crescimento, procurou-se descrever a emergência da China como grande *player* na indústria de TI. Neste sentido, destacaram-se seus impactos sobre a organização global da cadeia produtiva e tecnológica das atividades de TI por meio de duas dimensões qualitativamente distintas. Na primeira, por meio da integração nas cadeias globais via fluxos de comércio, mostrou-se que a China apresenta-se como constituinte fundamental da estrutura de oferta mundial, superando inclusive EUA e Japão e assumindo o posto de maior exportadora mundial de TI. Já na segunda destas dimensões, destacou-se a emergência e consolidação da indústria chinesa de TI a partir do crescimento exponencial do mercado interno e da estreita articulação destas atividades com as forças produtivas internas.

Não obstante a posição de importância internacional crescente, ainda destacam-se os esforços dos *policy makers* chineses no sentido de articular diversas iniciativas de políticas públicas com o intuito de aumentar o dinamismo tecnológico / inovativo e a capacidade de agregação de valor local das TI. Ao analisarem-se estes esforços conclui-se que estas iniciativas têm se realizado, tal qual se sugeriria a partir de um exame dos determinantes da dinâmica concorrencial e inovativa nas TI, com o intuito último de estabelecer padrões / plataformas tecnológicas próprias.

No que se refere à dimensão nacional da indústria de TI, a partir de uma abordagem quantitativa, destacou-se sua dimensão significativa inclusive em escala internacional.

Com o intuito de se descrever e analisar os determinantes da dinâmica concorrencial e inovativa nas TI, utilizou-se como objeto de análise o paradigma tecnológico destas atividades. A partir dos impactos exercidos por estes na criação de trajetórias tecnológicas específicas, procurou-se comprovar a hipótese central deste trabalho ao destacar de que maneira a evolução dos paradigmas influencia o estabelecimento de plataformas tecnológicas dominantes no setor. É neste sentido que também se procurou descrever a forma pela qual o fenômeno que está na base de sustentação do atual paradigma tecnológico das TI (a modularização) condiciona a evolução das plataformas tecnológicas e, em decorrência, as transformações tecnológicas e na cadeia de valor destas atividades.

Ao segmentar tarefas e especificações em diferentes módulos por meio do estabelecimento de padrões e regras de *design*, a modularização permite que o trabalho seja realizado de maneira concomitante e independente por diferentes equipes. Além disso, ao eliminar a intersecção de responsabilidades e o confronto de objetivos entre diferentes equipes, diminui de maneira significativa a necessidade de coordenação simultânea de todas as etapas de desenvolvimento do projeto. Assim, cria mecanismos que favorecem o aprimoramento tecnológico futuro e reduzem as incertezas acerca do funcionamento do sistema completo.

Em virtude do exame destas características, concluiu-se que a partir da segmentação das capacitações, a modularização potencializa os processos de

aprendizado, os quais multiplicam as possibilidades de experimentação em cada módulo. Além disso, mostrou-se que o desenvolvimento de novas capacitações com o intuito de solucionar problemas específicos no processo de consolidação do sistema **traz consigo a possibilidade permanente da criação de novos módulos não previstos anteriormente. É justamente nessa possibilidade que reside grande parte do potencial inovativo de uma estrutura modularizada.**

Outra importante influência sobre o processo inovativo, ainda que indireta, exercida pelo estabelecimento de uma estrutura modularizada é a sua capacidade de incentivar a geração de externalidades de rede. Isso porque, uma vez que a percepção pelo mercado do valor e da utilidade de um sistema completo está intrinsecamente relacionada com a disponibilidade de funcionalidades complementares, mostrou-se que os efeitos da inovação em módulos específicos transbordam para o todo o sistema. Nesse cenário, os riscos são diluídos e cria-se um ambiente de benefício mútuo com incentivo ao aprimoramento tecnológico nos diversos módulos.

Além das implicações sobre o processo de evolução tecnológica, mostrou-se também que a modularização afeta diretamente a estrutura de governança e a cadeia de valor de determinado sistema. Em virtude das características técnicas da implementação de uma estrutura modularizada, os agentes responsáveis pelo estabelecimento das regras e padrões de *design* e interface ocupam uma posição privilegiada no sistema, exercendo influência sobre a organização e a evolução da cadeia de valor. A intensidade desta influência, por sua vez, é condicionada pela conjugação das tendências centrípeta e centrífuga. Mostrou-se que a primeira, a partir dos efeitos das economias de rede, atua no sentido de reforçar a concentração dos mercados. Já a segunda, através da diminuição das barreiras à entrada possibilitada pela segmentação das capacitações, atua no sentido de tornar as estruturas de mercado menos concentradas.

Com a tendência de segmentação das capacitações decorrente do processo de modularização, mostrou-se que tanto o processo inovativo como a evolução de um conjunto de regras e padrões de arquitetura e interface passam a ser controlados por meio do estabelecimento de plataformas tecnológicas. Na medida em que estas

plataformas se consolidam sobre padrões tecnológicos relativamente estáveis, destacou-se que a inovação incremental (materializada na criação de módulos ou produtos complementares) se configura como o elemento central da dinâmica inovativa nas plataformas de TI.

Paralelamente à estes impactos sobre a dinâmica inovativa, mostrou-se que a incorporação de produtos complementares constitui-se num importante elemento para a consolidação do mercado e para o aumento de valor das plataformas. Isso porque, a partir da geração de externalidades de rede criam-se retornos positivos que fazem com que quanto mais pessoas utilizem produtos organizados em torno de determinadas plataformas, maiores se tornem os incentivos para que sejam introduzidos produtos complementares. A incorporação de funções complementares, por sua vez, estimula mais pessoas a comprar ou utilizar os produtos da referida plataforma, estimulando assim mais inovação e reforçando o processo de consolidação desta. Ou seja, além da importância da dimensão tecnológica, a consolidação destas plataformas é muito influenciada pelos efeitos de *lock-in*.

Dada a importância das plataformas na coordenação do processo inovativo e no direcionamento dos padrões tecnológicos, a busca pelo controle destas é fonte extremamente importante de assimetrias competitivas. Assim, grande parte das estratégias concorrenciais dos principais agentes é pautada por esse objetivo último.

Grosso modo, mostrou-se que, com o intuito de estabelecer posições de liderança no comando da plataforma, as firmas estruturam-se suas ações a partir de quatro dimensões, materializadas em seu escopo de atuação, na tecnologia de seus produtos, no relacionamento com os produtores de produtos complementares e em sua organização interna. Concluiu-se que a decisão sobre quais produtos complementares a firma deve desenvolver internamente e quais deve atribuir aos demais agentes talvez seja o quesito mais importante para a manutenção e a consolidação da liderança na plataforma. A escolha sobre os padrões de tecnologia, também se apresenta com uma variável estratégica. Isso porque, ao mesmo tempo em que estes necessitam ser abertos para incentivar a geração de economias de rede, precisam proteger os investimentos e os ativos estratégicos das firmas líderes da plataforma.

Outro importante elemento para o estabelecimento de posições de liderança no comando de plataformas tecnológicas é o estabelecimento de parcerias entre firmas líderes e complementares a fim de se ampliar o escopo da plataforma, permitindo a geração de externalidades de rede e facilitando assim sua consolidação. No entanto, a fim de se potencializar os efeitos destas parcerias, mostrou-se que as empresas devem estabelecer uma estrutura organizacional que seja condizente com a compreensão da plataforma como um sistema no qual um amplo espectro de agentes está ligado por meio de uma dependência mútua.

Em síntese, a construção deste arcabouço analítico trouxe importantes elementos para comprovar a hipótese central deste trabalho qual seja, a de que os paradigmas tecnológicos são os elementos estruturais mais importantes para o estabelecimento de plataformas tecnológicas dominantes, as quais configuram-se como os principais fatores que determinam a dinâmica concorrencial e inovativa nas TI.

Ao se aplicar este arcabouço no segmento de equipamentos de informática mostrou-se que esta indústria historicamente apresenta como características principais o alto dinamismo tecnológico e o processo contínuo de ampliação do escopo do setor por meio da introdução de inovações.

Com o aumento da complexidade do processo inovativo e a transferência do comando das funções inovativas para as atividades de software, mostrou-se que a estrutura organizacional vertical condicionada pelos padrões estabelecidos pela IBM sofreu uma forte contestação a partir dos anos 90. Paralelamente, devido à grande pressão competitiva imposta pela emergência de redes estruturadas no padrão cliente / servidor, observou-se o avanço da estratégia de modularização como principal mecanismo da dinâmica concorrencial e inovativa da indústria.

Neste novo cenário, demonstrou-se que as forças condicionantes da dinâmica competitiva se deslocaram do confronto entre firmas individuais para a concorrência entre plataformas. Ou seja, a competição sofreu uma grande mudança qualitativa, deslocando-se parcialmente da esfera horizontal (concorrência entre empresas que desempenham funções semelhantes e se situam no mesmo plano) para

a vertical (concorrência entre empresas que realizam funções complementares e ocupam nichos de mercado distintos em diferentes plataformas tecnológicas).

A partir desta reestruturação da concorrência, as forças determinantes das assimetrias competitivas também assumem uma nova configuração, na qual são condicionadas pela interação entre fatores como liderança tecnológica dividida, importância das economias de escala e redução do *time to market*.

Em decorrência da grande segmentação das capacitações tecnológicas do setor, a liderança tecnológica dividida potencializa o processo de evolução da plataforma principalmente devido à introdução de inovações realizadas por produtores especializados.

A importância das economias de escala na criação de assimetrias competitivas, por sua vez, decorre do fato de que grande parte dos custos de desenvolvimento dos equipamentos de informática concentra-se nas fases iniciais deste processo. Assim, quanto maior a escala de produção, maiores são as possibilidades de diluição destes custos e maiores são as possibilidades de se expandir a base de usuários e de se consolidar a plataforma.

Já a importância da redução do *time to market* esta relacionada com os impactos que os efeitos de *lock-in* e *first mover* exercem sobre a consolidação de plataformas dominantes. Isso porque como esta consolidação está muito mais relacionada com a geração de externalidades de rede do que com a qualidade tecnológica da plataforma, a capacidade da empresa responder de maneira ágil às necessidades do mercado torna-se fundamental.

Apesar desta nova configuração assumida pelas forças determinantes das assimetrias competitivas, demonstrou-se que ampliação contínua do escopo do setor persistiu como a principal força motriz da dinâmica inovativa da indústria de equipamentos de informática. Destacou-se ainda que, a partir da evolução na capacidade de processamento dos artefatos microeletrônicos e do avanço das técnicas de *design* miniaturizado de componentes, esta força motriz se materializa no transbordamento das fronteiras desta indústria para os demais segmentos do complexo eletrônico.

Fruto deste processo, observou-se a transfiguração do modelo de negócios personificado na IBM, que havia caracterizado o setor até então. No nível da empresa observou-se a concentração dos esforços das líderes em atividades estratégicas como *marketing*, vendas e desenvolvimento de produtos. No nível da indústria observou-se o espraiamento da cadeia produtiva e de valor através do estabelecimento de redes globais.

Além disso, ao se analisar a cadeia de valor dos equipamentos de informática, destacou-se que a atividade de hardware tem apresentado um alto grau de *commoditização*. Destacou-se também que a evolução tecnológica no segmento desloca-se para o início desta cadeia, sendo pautada pelas inovações no segmento de semicondutores.

A partir da adoção de estratégias modulares de *design* e do desenvolvimento de metodologias de automatização deste processo, mostrou-se que a adoção dos padrões tecnológicos baseados na arquitetura *System-on-Chip* ampliou as possibilidades de integração de componentes em um único *chip* e o grau de descentralização das capacitações tecnológicas.

Analisando esse fenômeno, demonstrou-se que tanto a estrutura organizacional da indústria de equipamentos de informática quanto sua dinâmica inovativa são condicionadas em última instância pela evolução dos processos de SoC. No que se refere à estrutura organizacional essa influência é determinada pela interação entre a descentralização das capacitações e o potencial de modularização de determinados componentes. Já no que se refere à dinâmica inovativa, tal influência ocorre por meio da compatibilização entre a evolução i) no número de transistores disponíveis em um único circuito e ii) na capacidade de se gerar padrões de *design* aptos a integrá-los neste único *chip*.

No entanto, em virtude da discrepância crescente observada entre o número de transistores disponíveis em um circuito e a capacidade de gerar padrões de *design* aptos a integrá-los, destacou-se a incapacidade de pleno aproveitamento do potencial do sistema SoC. Com o intuito de amenizar estas limitações, destacou-se também a emergência das práticas de re-uso e de terceirização dos módulos de *design*. Mostrou-se que a conjugação destas práticas, ao aumentar a produtividade do processo de

design, reduz os efeitos da escassez relativa de profissionais e se transforma em importante elemento da dinâmica inovativa no segmento.

Com o intuito de se comprovar a influência do paradigma tecnológico como principal determinante das plataformas também nas atividades de software, buscou-se destacar inicialmente as especificidades técnicas de seu processo produtivo. Mostrou-se que o desenvolvimento de software difere fundamentalmente dos demais produtos tradicionais, uma vez que não envolve a etapa de manufatura. Essas diferenças, por sua vez, apresentam-se na imaterialidade do software, nos baixos custos de reprodutibilidade e na concentração dos custos de desenvolvimento nas etapas de análise e *design*. Destacou-se também que estas etapas, uma vez que exigem o domínio de capacitações complexas e que apresentam maior conteúdo tecnológico, são as atividades mais propícias à incorporação de inovações.

Devido ao fato das atividades de análise e *design* concentrarem a maior parte dos custos do processo de desenvolvimento do software, observa-se a influência fundamental que a escala de produção assume para a viabilidade econômica do software. Em outras palavras, como grande parte dos custos do desenvolvimento de software estão relacionados com atividades entendidas grosso modo como de P&D, a escala torna-se fator fundamental para a competitividade. A fim de se diminuir os altos custos das fases que caracterizam a engenharia de software, destacou-se a tendência de busca contínua no setor pelo estabelecimento de arquiteturas modularizadas.

Além da importância da modularização para a diluição dos custos fixos, quanto maior é a escala de produção maior é a capacidade de uma plataforma de software fomentar a geração de externalidades de rede. Estas externalidades, por sua vez, ao impulsionarem a consolidação de determinadas plataformas tecnológicas, reduzem as incertezas de mercado e incentivam a atração de empresas desenvolvedoras de produtos complementares. A atração destas empresas consolida-se principalmente por meio da incorporação de novas funcionalidades aos produtos já estabelecidos e do desenvolvimento de produtos complementares. É justamente esse movimento que se configura no principal aspecto da dinâmica inovativa no setor de software.

Outro importante elemento da dinâmica competitiva decorrente da organização da indústria de software em plataformas tecnológicas são os efeitos de *lock-in*. Isso porque, a despeito da importância da existência de produtos tecnologicamente eficientes, a liderança da plataforma é muito mais influenciada pela capacidade de determinado produto gerar externalidades de rede. Dado o caráter auto-reforçador deste mecanismo, o agente *first mover* concentra assimetrias competitivas que lhe conferem vantagens em relação aos demais. Mostrou-se que este incentivo à concentração de mercado materializa-se na presença da força centrípeta também na indústria de software. A intensidade desta, por sua vez, é diretamente proporcional à estabilidade tecnológica / inovativa, aos ganhos de escala e à intensidade das externalidades de rede.

De maneira oposta, mostrou-se também que a intensidade da força centrípeta é contra-balanceada pelo rápido ritmo de evolução tecnológica que caracteriza o setor. Isso porque em decorrência das mudanças tecnológicas, origina-se um espectro muito amplo de novos nichos e segmentos de mercados inexplorados. Nesse cenário, o aproveitamento destas oportunidades tende a ser explorado em grande parte de maneira descentralizada. Esta fragmentação, por sua vez, decorre da atuação da força centrífuga, e é mais intensa quanto menor forem as externalidades de rede, os ganhos de escala e a estabilidade tecnológica.

A partir da conjugação dos efeitos destas duas forças, procurou-se visualizar a maneira pela qual a dinâmica concorrencial e inovativa se transfigura ao longo dos diferentes segmentos constituintes da indústria de software.

Mostrou-se que na atividade de software-serviço de baixo valor observa-se o prevalescimento das forças centrífugas. Isso porque são atividades com baixo potencial tecnológico e inovativo, caracterizadas pela inexistência de economias de escala e de externalidades de rede. Assim, como inexistem sólidas barreiras à entrada, observa-se uma estrutura de mercado altamente fragmentada, caracterizada pelo predomínio de empresas locais cujos custos de mão de obra são os principais diferenciais competitivos.

No segmento de software-serviço de alto valor observa-se a atuação simultânea das forças centrípeta e centrífuga. A primeira decorre do estabelecimento de barreiras à entrada fundamentadas em alguns benefícios de escala e em restrições tecnológicas. A segunda decorre principalmente da grande fragmentação dos mercados. Essa correlação de forças, por sua vez, implica a coexistência de uma estrutura de mercado com agentes com bases regionais e globais.

Já no software-produto customizável destacou-se que a combinação dos efeitos de externalidades de rede às barreiras tecnológicas e aos ganhos de escala confere forte intensidade às forças centrípetas. No entanto, as forças centrífugas também se fazem presentes no segmento, embora em menor intensidade. Essa intensidade, por sua vez, está estritamente relacionada com o grau de customização do produto. Isso porque, quanto maior esse grau, menor é o efeito das externalidades de rede, dos ganhos de escala e maior é a importância do estabelecimento de interações contínuas com os demandantes.

Destacou-se também que é no segmento de software pacote que se observam os maiores efeitos da força centrípeta. Como o software pacote oferece soluções prontas, o domínio de complexas capacitações nas etapas de análise e *design* e um alto *market share* tornam-se variáveis fundamentais para a criação de assimetrias competitivas. Em virtude destas características, a economia de escala exerce grande influência na dinâmica concorrencial e inovativa no segmento. Além disso, como os produtos são padronizados e apresentam um alto potencial de interatividade, são gerados efeitos de aprendizado coletivo que potencializam a criação de externalidades de rede. A conjugação destes fatores, por sua vez, resulta em uma estrutura altamente concentrada, dominada por *players* globais.

Finalizando, ao se analisar a indústria de TI, conseguiu-se apontar importantes elementos que atuam no sentido de demonstrar que o estabelecimento e a evolução dos paradigmas tecnológicos são os elementos estruturais mais importantes para a consolidação de plataformas tecnológicas dominantes, as quais se configuram como os principais fatores que determinam a

dinâmica concorrencial e inovativa destas atividades. A partir da organização destas plataformas em estruturas modularizadas, concluiu-se que esta dinâmica sofreu uma grande mudança qualitativa, sendo pautada cada vez mais pela busca do controle de padrões tecnológicos e pela conseqüente capacidade de se apropriar privadamente os benefícios das externalidades de rede.

Referências Bibliográficas

ARTHUR. W. B. (1988). Self-Reinforcing Mechanisms in Economics. In: P. W. Anderson, K. J. Arrow & D. Pines (Editors), *The Economy as an Evolving Complex System*. SFI Studies in the Sciences of Complexity. Reading, Mass., Addison-Wesley Publishing Company.

ARTHUR. W. B. (1990). Positive feedbacks in the economy. *Scientific American*, 262, February: 92-99.

AUDRETSCH, D.B. (1998). Agglomeration and the location of innovative activity. *Oxford Review* 14,2,1998

AUDRETSCH, D.B.; FELDMAN, M.P. (1996). R&D spillovers and the geography of innovation and production. *American Economic Review* 86(3): 630-640.

BALDWIN, C. Y. & CLARK, K.B. (2003). The Value, Costs and Organizational Consequences of Modularity. Working Papers in draft form.

BALDWIN, C. Y. & CLARK, K.B. (2000). *Design Rules, Volume 1: The Power of Modularity*. MIT Press.

BASU, I. (2006). China and the art of (standards) war. Asia Times Online Ltd.

BELUSSI, F. & GOTTARDI, G (2000). *Evolutionary patterns of local industrial systems. Towards a cognitive approach to the industrial district*. Ashgate Publishing Ltd.

BRESCHI, S. & MALERBA F.(2001). The geography of innovation and economic clustering: some introductory notes. *Industrial and Corporate Change* (10) (4): 817:833 December.

BRESNAHAN, T. (1998). New Modes of Competition: Implications for the Future Structure of the Computer Industry. Prepared for the Progress and Freedom Foundation Conference, Revised June.

BRESNAHAN, T. (1998). The Changing Structure of Innovation in Computing: Sources of and Threats to Dominant U.S. Position. Disponível em www.stanford.edu/~tbres/research/step.pdf , acesso em Setembro de 2006.

BRESNAHAN, T. (2000) Competition, Cooperation, and Predation in Innovative Industries. Prepared for The 3rd Nordic Competition Policy Conference Fighting Cartels, Why and How?, Stockolm, Sweden, September.

BRESNAHAN, T. & GREESTEIN, S. (1999). Technological Competition and the Structure of the Computer Industry. *The Journal of Indústrial Economics*, Volume XLVII, March, 1999.

BRESNAHAN, T. & MALERBA, F. (1998). Industrial Dynamics and the Evolution of Firms' and Nations' Competitive Capabilities in the World Computer Industry. *The Sources of Industrial Leadership*, D. Mowery and R. Nelson (eds.), Cambridge University Press.

BRESNAHAN , T. & RICHARDS, J. (1999). Local and Global Competition in Information Technology. Prepared for the 11th annual NBER-TCER-CEPR conference "Competition Policy, Deregulation, and Re-regulation" December 18 and 19, At International House of Japan, Tokyo, Japan.

CARMEL, E. & TJIA, P. (2005). *Offshoring Information Technology: sourcing and outsourcing to a global workforce*. Cambridge University Press.

CHANDLER, A. D. (1962). *Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise*. Cambridge, MA, The MIT Press.

CHEN, S. (2002). Global Production Networks and Information Technology: The Case of Taiwan. *Industry & Innovation*, 9/3, December.

CHESNAIS, F. (1996) *A Mundialização do Capital*, São Paulo, Xamã Editora.

CLARK, G.L.; MERIC S. GERTLER, M. S. & FELDMAN, M.P. (2003). *The Oxford Handbook of Economic Geography*. Oxford University Press.

CUSUMANO, M. A. & GAWER, A. (2001). Driving High-Tech Innovation: The Four Levers of Platform Leadership. Paper 152, Center for e-Business@MIT, October.

DAVID, P. (1985). Clio and the economics of QWERTY," *American Economic Review*, 75 (2), May.

DEDRICK, J. & KRAEMER, K.L. (2005). The Impacts of IT Firm and Industry Structure: The Personal Computer Industry. *California Management Review*, Vol. 47, n 3, Spring.

DIEGUES A. C. & ROSELINO, J.E.S (2006a). Aprendizado tecnológico e dinâmica inovativa em pólos de Tecnologia de Informação e Comunicação: uma análise sobre os casos paradigmáticos do Vale do Silício (EUA), de Dublin (Irlanda) e de Bangalore (Índia). Mimeo.

DIEGUES A. C. & ROSELINO, J.E.S (2006b). Interação, aprendizado tecnológico e inovativo no pólo TIC da região de Campinas: uma caracterização com ênfase nas atividades tecnológicas desenvolvidas pelas empresas beneficiárias da Lei de Informática. *Revista Brasileira de Inovação*, 5 (2), p.134 - 155, 2006.

DOSI, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories – a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, vol. 11, no. 3.

DOSI, G. (1988). Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, v. 26, n.3, p. 1120-1171, Sept.

DOSI, G. (2000). *Innovation, organization and economic dynamics : selected essays*. Cheltenham, UK ; Northampton, Mass. : Edward Elgar.

EICHEN, K. (2002). Mapping the Micro-Foundations of Informational Development: Linking Software Process, Products and Industries for Global Trends. Center for Global, International & Regional Studies, Working Paper Series #2002-2, University of California.

ERNST, D. (2004). Global Production Networks in East Asia's Electronics Industry and Upgrading Perspectives in Malaysia. In *Global Production Networking and Technological Change in East Asia*, edited by S. Yusuf, M. A. Altaf e K. Nabeshima. Washington, DC: World Bank and Oxford University Press.

ERNST, D. (2006). Innovation Offshoring – Asia's in Global Innovation Networks. East-West Center Especial Reports, number 10, July.

ERNST, D. & NAUGHTON, B. (2005). China's Emerging Industrial Economy – Insights from the IT Industry. Paper prepared for the East-West Center Conference, China's Emerging Capitalist System, Honolulu, HI, August 10-12.

FELDMAN, M.P. (1993). An examination of the geography of innovation. *Industrial and Corporate Change*, Vol 2 N3, Oxford University Press.

FELDMAN, M.P. (1994). *The geography of innovation*. Kluwer: Dordrecht

FREEMAN, C. (1987). The Case for Technological Determinism, Chapter 1, pp. 5-18 in FINNEGAN, Ruth, Graeme SALAMAN, and Kenneth THOMPSON (eds.), *Information Technology: Social Issues A Reader*, Sevenoaks, Hodder & Stoughton.

GALINA, S. V. R. (2003). Desenvolvimento Global de Produtos: O Papel das Subsidiárias Brasileiras de Fornecedores de Equipamentos do Setor de Telecomunicações. Tese de doutoramento, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo – Poli/USP.

GAWER, A. & CUSUMANO, M. A. (2002). *Platform leadership: how Intel, Microsoft and Cisco drive industry innovation*. Harvard Business School Press.

GAWER, A. & CUSUMANO, M. A. (2002a). Are You a Platform Leader?. *Harvard Business Review*, June. 24, 2002

GAWER, A. & HERDERSON, R. (2005). Platform Owner Entry and Innovation in Complementary Markets: Evidence from Intel, NBER Working Paper 11852, Cambridge, December.

GUTIERREZ, R.M.V. & LEAL, C.F.C. (2004). Estratégias para uma Indústria de Circuitos Integrados no Brasil. *BNDES setorial*, Rio de Janeiro, n.19, p 3-22, mar.

HEEKS, R. (1998). The uneven profile of Indian Software Exports, Working Paper Series, Paper no 3, Institute for Development Policy and Management, Manchester INGLATERRA.

IBGE. Pesquisa Anual de Serviços (PAS), 2002. Rio de Janeiro, 2005

IBGE. Pesquisa Anual de Serviços (PAS), 2003. Rio de Janeiro, 2006

IBGE. Pesquisa Anual de Serviços (PAS), 2004. Rio de Janeiro, 2007

IBGE. Pesquisa Industrial Anual (PIA), 2003. Rio de Janeiro, 2006

IBGE. Pesquisa Industrial Anual (PIA), 2004. Rio de Janeiro, 2007

KENNEY, M. & CURRY, J. (2001). The Internet and the Personal Computer Value Chain. BRIE-IGCC E-economy Project, Tracking a Transformation: e-Commerce and the Terms of Competition in Industries (Washington, D.C.: Brookings Institution Press)

LANGLOIS, R. (1990). Creating External Capabilities: Innovation and Vertical disintegration in the Microcomputer Industry, @ *Business and Economic History*, volume 19, pp 93-102.

LINDEM, G. & SOMAVA, D. (2000). System-on-Chip Integration in the Semiconductor Industry: Industry Structure and Firm Strategies. *R.H. Smith School of Business*, University of Mariland, College Park, October 20, 2000.

MASSACHUSSETS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (2002). *A indústria de software no Brasil 2002: fortalecendo a economia do conhecimento*. Coordenação geral Brasil: Sociedade Softex. Campinas.

OECD (1997). *OSLO manual: proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data*. Paris: OECD: Statistical Office of the European Communities.

OCDE (2004). *OECD Information Technology Outlook: Information and Communications Technologies*. Directorate for Science Technology and Industry.

OECD (2005). *Working Party on Indicators for the Information Society – Guide to Measure the Information Society*, Paris, France.

OCDE (2006). *OECD Information Technology Outlook: Information and Communications Technologies*. Directorate for Science Technology and Industry

PRESSMAN, R. (2002). *Engenharia de Software*. McGrawHill, 5a. Edição.

RICHARDSON, G. B. (1972). The organization of Industry. *Economic Journal*. September.

ROSELINO, J.E. (1998). Uma análise das potencialidades da atividade de software no Brasil à luz das práticas concorrenciais no setor. Dissertação de Mestrado, Instituto de Economia, UNICAMP, Campinas.

ROSELINO, J.E.S. (2006). *A INDÚSTRIA DE SOFTWARE: O 'modelo brasileiro' em perspectiva comparada*. Tese de Doutorado. Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas: Campinas.

ROSELINO, J.E.S & DIEGUES A. C. (2006a). A Constituição de Redes Produtivas Globais e a Internacionalização da Indústria de Software. In: 30º Encontro da ANPAD, Salvador, BA.

ROSELINO, J.E.S & DIEGUES A. C. (2006b). Diretório de Pesquisa Privada: Relatório Setorial da Indústria de Software. Relatório Setorial.

ROSELINO, J. E. & GOMES, R. (2000). O software embarcado e as Cadeias Produtivas Internacionalizadas. *Revista Economia & Tecnologia*, V3 N6, pp. 3-26, junho.

SAXENIAN, A. (1994). *Regional Advantage. Culture and competition in Silicon Valley and Route 128*. Havard University Press: Cambridge MA.

SAXENIAN, A. (2002). The Silicon Valley Conection: Transnational Networks and Regional Development in Taiwan, China and India. In Global Production Networks, special issue, *Industry and Innovation* 9, no. 2, August.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J.; GARCIA, R.; ROSELINO JR., J. E. S. (2001) Perspectivas de Reestruturação das Políticas de Financiamento do Desenvolvimento Tecnológico no Brasil, Relatório final Convênio FINEP/FUNDAP, Campinas.

STEINMUELLER, W.E. (1995). The U.S. Software Industry: An Analysis and Interpretative History, MERIT – Maastrich Economic Research, 1995.

UTTERBACK, J. M. (1996). *Dominando a dinâmica econômica*. Rio de Janeiro.

WEST, J. (2003). How Open is Open Enough? Melding Proprietary and Open Source Platform Strategies. *Research Policy*, 32(2003), 1259-1285.

WILLIAMSON, O.E. (1999). Human Action and Economic Organization. mimeo, University of California, Berkeley.