ANELISE PIANNA

**PADRÕES DE ESPECIALIZAÇÃO, INSERÇÃO INTERNACIONAL E DINAMISMO
NA INDÚSTRIA DE *SOFTWARE*: O CASO BRASILEIRO À LUZ DAS
EXPERIÊNCIAS DA ÍNDIA, IRLANDA E ISRAEL**

SÃO PAULO

2011

ANELISE PIANNA

**PADRÕES DE ESPECIALIZAÇÃO, INSERÇÃO INTERNACIONAL E DINAMISMO
NA INDÚSTRIA DE *SOFTWARE*: O CASO BRASILEIRO À LUZ DAS
EXPERIÊNCIAS DA ÍNDIA, IRLANDA E ISRAEL**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Mestre em Engenharia.

SÃO PAULO

2011

ANELISE PIANNA

**PADRÕES DE ESPECIALIZAÇÃO, INSERÇÃO INTERNACIONAL E DINAMISMO
NA INDÚSTRIA DE *SOFTWARE*: O CASO BRASILEIRO À LUZ DAS
EXPERIÊNCIAS DA ÍNDIA, IRLANDA E ISRAEL**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Mestre em Engenharia.

Área de concentração: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. João Eduardo Morais Pinto Furtado

SÃO PAULO

2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Pianna, Anelise

Padrões de especialização, inserção internacional e dinamismo na indústria de software: o caso brasileiro à luz das experiências da Índia, Irlanda e Israel / A. Pianna. -- São Paulo, 2011. 180 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Softwares 2. Indústria de alta tecnologia 3. Desenvolvimento industrial 4. Padrões de especialização I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Anelise Pianna

Padrões de especialização, inserção internacional e dinamismo na indústria de *software*: o caso brasileiro à luz das experiências da Índia, Irlanda e Israel

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de concentração: Engenharia de Produção

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Aos meus pais (Nelson e Lourdes), meus irmãos (Gustavo e Bruna), e a todos aqueles que seguem elaborando *softwares* mentais de avanço, dinâmicos por desconstruir amarras, louváveis pelas complexidades de seus desejos e peculiares por somente acreditar na virtude do trabalho bem realizado.

AGRADECIMENTOS

É certo que, em uma sala de aula, há sempre dois lados. E é certo também que devo muitos créditos àqueles que trilham pessoas até a lousa. Mas acredito que devo honras especiais àqueles que nos fazem lembrar a necessidade de estarmos também, constantemente, do outro lado. Por isso agradeço e deixo registrada aqui a minha profunda gratidão àqueles que me ladearam nesta jornada e tornaram este trabalho possível, mesmo incorrendo no risco inexpugnável de não saber transformá-la em palavras ou olvidar alguém.

Ao Prof. Dr. João Furtado, muito obrigada pela oportunidade de vivenciar anos de “esforço, dedicação e reconhecimento”. Obrigada pelo tempo dedicado a este projeto, pela palavra sempre precisa e pelo brilho nos olhos;

Agradeço também ao Prof. Dr. Renato Garcia, primeiramente pelo incentivo à minha adesão ao processo seletivo de mestrado, encorajando-me a fazer a prova de estatística (rs). Devo-lhe imensos créditos, pelas suas palavras e disposição com este trabalho - incumbência que inclui a participação nesta banca de avaliação;

Um agradecimento especial ao Prof. Dr. José Roselino Jr, que muito me honra ao aceitar avaliar o meu trabalho e mais que isto, contribuir para a construção de suas idéias em momentos que excederam os confins de uma banca de avaliação;

Contribuíram, ainda, para as virtudes que esse trabalho possa ter, Dr. Antônio Diegues Jr, professor da UFSCar, e Virgínia Duarte, do núcleo SOFTEX Campinas. Obrigada pela disposição e paciência! Eximo-os, no entanto, de quaisquer erros que porventura permanecerem no trabalho;

Meus agradecimentos ao Fábio Romão, pela ajuda com a manipulação do *software* X-Olap;

Quero registrar a minha gratidão, também, com relação aos profissionais e estudantes que cederam uma parte de seu tempo e muito de suas experiências no setor de *software*, por conceder-me entrevistas e relatos únicos e valiosos;

Ao Prof. Dr. Ricardo Abramovay por, dentre outras contribuições, nos recordar a importância da filosofia da ciência em sua (brilhante) ciência da sociologia;

Aos colegas do GEID (Grupo de Estudos em Inovação e Desenvolvimento), pelos “cafês” e jantares sempre acompanhados de momentos de leveza, mas, sobretudo, pelas contribuições

para este trabalho e para a idéia de que, embora seja um trabalho individual, uma dissertação é irrealizável no isolamento;

À POLI/USP, por uma educação gratuita e de qualidade;

Aos colegas da “sala de pós”, pelas horas prosaicas e por aquelas mais compenetradas, precisas ou abstratas; pelos pontos de vista, “não-pressas”; nós em pingo d’água e pelos momentos de “distinção entre nada e coisa nenhuma” tão carregados de sabedoria;

Meus (insuficientes) agradecimentos aos meus pais, Nelson e Lourdes, que não medem esforços para me propiciar uma educação de qualidade, por todos os outros ensinamentos que a educação formal é incapaz de cumprir. Obrigada por suportar as inconstâncias, distâncias e ausências;

Obrigada aos meus irmãos, Gustavo e Bruna, inesgotáveis fontes de sentido, pela cumplicidade, por mais que a ela não se restrinjam, embora se unam, se é que dela se separam;

Por fim, mas não menos importante, um agradecimento especial àquele que acompanhou cotidianamente a evolução deste trabalho. Ao Beto, obrigada pelas orações subordinadas, pelas narrativas aparentes e pelas digressões perturbadoras, às vezes ausentes de pontuação, mas carregadas de propósitos. Obrigada pela seriedade, idéias e razões descompassadas. Pelo avesso dos argumentos. Pela incandescência. E pelos outros tantos versos que ainda teremos.

Este trabalho contou com o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

E pensamos – maravilhados diante do crescer e do transfigurar-se da própria realidade, que, mesmo na esfera aparentemente seca do mais estreito racionalismo, se nos faz mister um ideal, ou uma crença, ou os brilhos norteadores de uma ilusão alevantada, embora eles não se expliquem, nem se demonstrem, com os recursos da nossa consciência atual...

Euclides da Cunha (1866-1909). Estrelas Indecifráveis . “À Margem da História” – sua obra póstuma.

Only one who devotes himself to a cause with his whole strength and soul can be a true master. For this reason mastery demands all of a person.

Albert Einstein (1879 - 1955). The Human Side: New Glimpses from His Archives.

RESUMO

A dissertação trata do padrão de especialização e inserção internacional da indústria de *software* brasileira à luz de experiências paradigmáticas do setor, como é o caso da Índia, Irlanda e Israel. O desenvolvimento inicial do setor nos países centrais das redes globais de produção seguiu os avanços da indústria eletrônica e lhes permitiu acumular competências e trancar a trajetória tecnológica em determinados segmentos, como é o caso do *software* pacote. No entanto, as respostas de alguns países emergentes frente uma indústria caracterizada pela rápida mudança e pelas altas taxas de oportunidades tecnológicas, cujas possibilidades foram ampliadas com o advento da globalização, são a principal motivação do trabalho. Apesar da difundida idéia de que Índia, Irlanda e Israel representariam casos subordinados às limitações de um modelo “terciário-exportador”, argumenta-se aqui que eles retratam trajetórias plurais e dinâmicas de desenvolvimento desta indústria. Plurais posto que reproduzem diferentes padrões de especialização e inserção internacional e dinâmicos dados os elementos de mudança evidenciados por parte da literatura especializada. Este dinamismo se faz presente, na indústria de *software* brasileira, através dos mecanismos de diferenciação e diversificação que lhe permitem adicionar valor aos produtos e obter resultados positivos na forma de incrementos de produtividade de outros setores de atividade econômica. Embora seja caracterizado pela integração competitiva que a difere, de partida, da caracterização terciário-exportadora, é para o caráter dinâmico do debate acerca destas configurações que a dissertação pretende contribuir.

Palavras-chave: Indústria de *software*; Padrões de especialização; Desenvolvimento industrial.

ABSTRACT

The dissertation deals with the pattern of specialization and international integration of Brazilian software industry in light of paradigmatic experiences of the sector, such as India, Ireland and Israel. The sector's early development in the core countries of the global production networks has followed the progress of the electronics industry and allowed them to accumulate competences and to lock-in the technological trajectory in some segments, such as the packaged software. However, the responses of some emerging countries face an industry characterized by rapid changes and high rates of technological opportunities, whose possibilities have been expanded with the advent of globalization, are the main motivation of the study. Despite the widespread idea that India, Ireland and Israel represent cases that are subject to the limitations of a "tertiary export" model, it is argued here that they represent plural and dynamic trajectories of development of this industry. Plural once they reproduce different patterns of specialization and international integration and dynamic if considered some elements of change made evident by part of the literature. This dynamism is present in the Brazilian software industry through the mechanisms of differentiation and diversification that allow it to add value to products and achieve positive results in form of increased productivity in other sectors of economic activity. Although it is commonly characterized by a competitive integration that differs it from the "tertiary export" aspect, the dynamic nature of the debate about these settings is the aim contribution of the dissertation.

Keywords: Software industry; Specialization patterns; Industrial development.

LISTA DE FIGURAS, QUADROS E TABELAS

Quadro 1: Trajetória(s) tecnológica(s) no desenvolvimento de <i>software</i>	18
Figura 1: Trajetórias de desenvolvimento de <i>software</i> , 1950-1985	20
Tabela 1: Fases evolucionárias da estruturação da indústria de <i>software</i> : uma síntese	23
Quadro 2: O desenvolvimento de <i>software</i> no Japão e seus atores: a estrutura central	32
Figura 2: A estrutura central do desenvolvimento de <i>software</i> no Japão.....	32
Figura 3: A transversalidade do <i>software</i>	46
Tabela 2: Número de trabalhadores relacionados à atividade de <i>software</i> dentro e fora deste setor, Brasil, 2008	48
Figura 4: O processo produtivo clássico do <i>software</i>	50
Figura 5: A divisão do trabalho no processo e na cadeia produtiva do <i>software</i>	54
Figura 6: Forças centrípetas e centrífugas na dinâmica industrial do <i>software</i>	57
Quadro 3: Inovação e P&D em <i>software</i> : definições	59
Quadro 4: Uma representação estilizada do “caminho” do <i>hardware</i> ao <i>software</i>	63
Figura 8: O “caminho em camadas” do <i>hardware</i> ao <i>software</i>	64
Tabela 3: Síntese dos elementos característicos dos segmentos fabricantes de produtos de <i>software</i> ..	68
Tabela 4: Síntese dos elementos característicos dos segmentos prestadores de serviços de <i>software</i> ..	72
Quadro 5: Tipologia das formas de externalização da produção segundo localização e relações entre empresas	79
Tabela 5: As maiores empresas mundiais de <i>software</i> e serviços de TI segmentadas por atividade principal, 2006.....	80
Tabela 6: Indicadores econômicos selecionados para Índia, Irlanda, Israel e Brasil, 2008	82
Figura 7: Caracterização dos modelos de sucesso exportador segundo intensidade do valor adicionado e do conteúdo local.....	83
Tabela 7: Síntese dos principais indicadores da indústria de <i>software</i> na Índia, Irlanda, Israel e Brasil, últimos dados disponíveis	84
Gráfico 1: Exportação e produção de <i>software</i> para o mercado doméstico, Índia, 2000-2010.....	93
Figura 9: Representação estilizada das atividades de prestação de serviços na Índia, 2007	99
Tabela 8: Pesquisadores e profissionais envolvidos em P&D para os setores de <i>software</i> e serviços e total da economia, Irlanda, 2007	104

Gráfico 2: Comparação entre empresas irlandesas e estrangeiras, com mais de vinte empregados: indicadores selecionados, 2008	106
Figura 10: Principais atividades das empresas de <i>software</i> na Irlanda	108
Gráfico 3: Receita do setor e gasto em P&D para <i>software</i> e serviços relacionados, Israel, 1997-2006	116
Gráfico 4: Evolução e distribuição dos gastos em inovação como porcentagem do gasto total em P&D para o setor de informática e serviços relacionados, Israel, 1997-2006.....	121
Tabela 9: Apresentação das classes que compõem a indústria de <i>software</i> brasileira, segundo a delimitação do estudo.....	129
Gráfico 5: Segmentação das atividades realizadas na indústria brasileira de <i>software</i> , por participação dos estabelecimentos e trabalhadores, 2008.....	130
Gráfico 6: Segmentação das atividades realizadas na indústria brasileira de <i>software</i> , por porte dos estabelecimentos, 2008.....	131
Tabela 10: Indicadores de desempenho das empresas entrevistadas em pesquisa de campo, 2010....	133
Tabela 11: Atividades realizadas pelas empresas selecionadas para o estudo, segmentadas por etapas do ciclo de desenvolvimento de <i>software</i>	134
Tabela 12: Atividades realizadas no exterior pelas empresas selecionadas para o estudo.....	135
Figura 11: Internacionalização das empresas brasileiras entrevistadas na etapa de pesquisa de campo	142
Gráfico 7: Comparação entre o setor de <i>software</i> e o de serviços quanto à qualificação formal dos trabalhadores – Brasil, 2008.....	144
Gráfico 8: Distribuição do número de trabalhadores formais da indústria de <i>software</i> por atividades realizadas e nível de instrução, Brasil, 2008	146
Gráfico 9: Remuneração média dos trabalhadores formais da indústria de <i>software</i> por segmento da indústria e tempo de instrução, 2008.....	147
Tabela 13: Métricas de níveis de capacidade tecnológica para a indústria de <i>software</i>	148
Tabela 14: Distribuição das empresas selecionadas para estudo, segundo níveis de capacidade tecnológica, Brasil, 2010.....	149

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
 CAPÍTULO 1: A TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DA INDÚSTRIA DE <i>SOFTWARE</i> E SEU DESENVOLVIMENTO EM PAÍSES DE ECONOMIA CAPITALISTA AVANÇADA	 5
1.1 A trajetória tecnológica e institucional da indústria de <i>software</i>: dos cartões de energia à computação em nuvem.....	6
1.1.1 Os anos iniciais da indústria de computadores.....	7
1.1.2 A gênese da indústria de <i>software</i>	11
1.1.3 Crescimento da indústria.....	15
1.1.4 Solidificação	17
1.2 A preeminência da indústria de <i>software</i> dos Estados Unidos.....	24
1.3 A indústria de <i>software</i> em outros países de economia capitalista avançada	25
1.3.1 A política européia e os campeões nacionais	26
1.3.2 Japão: o <i>software</i> como subproduto da eletrônica	29
1.4 Considerações parciais.....	34
 CAPÍTULO 2: A DINÂMICA PRODUTIVA E INOVATIVA DO <i>SOFTWARE</i>: A NATUREZA ESPECÍFICA E HETEROGÊNEA DO “PRODUTO” E DA INDÚSTRIA	 36
2.1 O caráter específico do <i>software</i>	37
2.1.1 Plataformas tecnológicas e mercados bilaterais	39
2.1.2 Externalidades de rede, modularização e padrões dominantes	41
2.1.3 Os retornos crescentes de escala	44
2.1.4 O caráter transversal do <i>software</i>	45
2.1.5 O processo de “produção” do <i>software</i>	49
2.1.6 Forças centrípetas e centrífugas: uma síntese dos determinantes da estrutura de mercado na indústria de <i>software</i>	54
2.1.7 A natureza da inovação na indústria de <i>software</i>	57
2.2 O caráter heterogêneo do <i>software</i>: categorias e formas de apresentação	61
2.2.1 Quanto à forma de comercialização.....	64
2.2.1.1 <i>Software</i> produto	64
2.2.1.2 <i>Software</i> produto embarcado.....	66
2.2.1.3 <i>Software</i> serviço	67
2.2.1.3.1 Serviços de baixo valor	68
2.2.1.3.2. Serviços de alto valor e <i>software</i> sob encomenda	69
2.2.1 Quanto ao tipo de mercado em que se insere	71
2.2.1.3 <i>Software</i> horizontal	71
2.2.1.4 <i>Software</i> vertical.....	71

2.3	Considerações parciais.....	73
-----	-----------------------------	----

CAPÍTULO 3: MUDANÇAS RECENTES NA DIVISÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO EM *SOFTWARE*: LIMITES E POSSIBILIDADES DA INDÚSTRIA EM PAÍSES NÃO-CENTRAIS75

3.1	Redes globais de produção e inovação na indústria de <i>software</i> : especialização e externalização ..	75
-----	---	----

3.2	O modelo terciário-exportador (Índia, Irlanda e Israel): uma visão de reforço da antiga divisão internacional do trabalho em <i>software</i>	80
-----	--	----

3.3	Índia: exportação de serviços de baixo valor com alto conteúdo local	85
-----	--	----

3.3.1	Raízes da estruturação industrial e institucional	85
-------	---	----

3.3.2	Estrutura do setor: elementos de continuidade e ruptura	90
-------	---	----

3.4	Irlanda: exportação de produtos de alto valor com baixo conteúdo local	98
-----	--	----

3.4.1	A constituição do Tigre Celta	99
-------	-------------------------------------	----

3.4.2	Estrutura do setor: elementos de continuidade e ruptura	101
-------	---	-----

3.5	Israel: exportação de produtos de alto valor com alto conteúdo local.....	110
-----	---	-----

3.5.1	Raízes da estruturação industrial e institucional	111
-------	---	-----

3.5.2	Estrutura do setor: elementos de continuidade e ruptura	113
-------	---	-----

3.6	Considerações parciais.....	119
-----	-----------------------------	-----

CAPÍTULO 4: A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE *SOFTWARE*: UM MODELO DE DESENVOLVIMENTO ENDÓGENO COMO VEÍCULO DE PRODUTIVIDADE...121

4.1	Raízes da estruturação industrial e institucional.....	121
-----	--	-----

4.2	O paradigma econômico da indústria brasileira de <i>software</i> : alto conteúdo local e segmentação produto-serviço.....	124
-----	---	-----

4.2.1	Especialização e externalização da indústria brasileira com base no estudo de cinco empresas de capital nacional e outros atores	130
-------	--	-----

4.3	Estruturação técnico-científica da indústria: o caráter dual do trabalho em <i>software</i> e as possibilidades do setor.....	141
-----	---	-----

4.3.1	...Dadas as evidências da acumulação de competências com base no estudo de cinco empresas de capital nacional e outros atores	145
-------	---	-----

4.4	Considerações parciais.....	152
-----	-----------------------------	-----

CONCLUSÕES.....155

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS159

APRESENTAÇÃO

O *software* e sua indústria têm recebido atenção crescente da literatura econômica por razão de sua presença no atual paradigma técnico-econômico, verificado pela participação de seus números nas contas nacionais de países centrais e, cada vez mais, periféricos também. No Brasil, foi incluído na Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP) como opção estratégica, juntamente com as áreas de energia (biodiesel e bioetanol), energia nuclear, petróleo/gás natural/petroquímica, nanotecnologia, biotecnologia e os complexos da defesa e saúde.

Chamados de “dispositivos invisíveis” por Evans et al. (2006:3), o *software* e as plataformas de *software* estão na base do processo transformação – mesmo que indireta, muitas vezes – das indústrias, cujas tecnologias subjacentes desafiam indústrias estabelecidas e originam novas. É uma indústria meio, além de fim. Seu papel, segundo Athreye (2005:7) é “análogo àquele desempenhado pelos bens de capital nas economias baseadas em manufatura”, ou seja, um insumo tecnológico para o desenvolvimento de múltiplas atividades:

O investimento, a produção e as atividades cotidianas renovam-se com o desenvolvimento do complexo eletrônico, de cuja base o *software* é elemento fundamental (ROSELINO, 2006:1).

Isto se deve ao lugar central que ocupa dentre as demais tecnologias da informação, salientado pelo fato de que qualquer equipamento eletrônico possui um *software* para seu funcionamento. Não é preciso ir muito longe para percebê-lo. Toda residência possui inúmeros exemplos ilustrativos do argumento, que vão desde a máquina de lavar roupa até mesmo o relógio de pulso. Aí reside a principal importância do *software*, como artefato que transforma o *hardware* em uma máquina capaz de executar funções e que transforma indústrias, pelas possibilidades que carrega.

Sujeita a características únicas e aparentemente paradoxais, a indústria de *software* trabalha para desenvolver um “produto” na maioria das vezes intangível. Sua atuação envolve a sistematização de um conjunto de informações e conhecimentos tácitos em conhecimento socialmente codificado, em um trabalho de escrita de códigos. É considerada de alta tecnologia, embora dependa de insumos de capital humano quase artesanal. Cria líderes historicamente, ao mesmo tempo em que abre possibilidades para novos entrantes. Constrói e

destrói novos produtos em grande velocidade, que engendram continuamente novos usos para os computadores e novos mercados.

Seu dinamismo torna-se cada vez mais latente à medida que se observam os efeitos da globalização. As reconfigurações nas redes globais de produção em *software*, decorrentes desta natureza dinâmica, abrem constantemente possibilidades e limites à atuação e inserção de países emergentes. Este raciocínio é fundamental para compreender o papel que assume a indústria brasileira, tendo em vista experiências de países tidos como casos paradigmáticos no cenário internacional do setor: Índia, Irlanda e Israel.

A despeito do reconhecimento de suas características estruturantes por parte da literatura, os efeitos dos processos de internacionalização da indústria de *software* sobre a divisão internacional do trabalho no setor permanecem insuficientemente compreendidos sob a perspectiva do dinamismo desta indústria. A natureza inconstante dos padrões de especialização e inserção internacional justifica um esforço de pesquisa sobre a posição e o papel da indústria de *software* em países emergentes, como o Brasil.

Pensando nisto, por que razão o padrão de especialização e inserção externa da indústria de *software* brasileira apresenta elementos capazes de transformar a estrutura produtiva, a despeito de seu inexpressivo desempenho exportador? A consideração desta questão suscita outras inquietações. Qual o padrão de especialização da indústria de *software* brasileira? Que competências ela construiu? Que elementos a análise dos casos internacionais trazem para o estudo da posição dos países emergentes na divisão internacional do trabalho no setor?

O trabalho busca lançar luz ao debate do padrão de especialização e inserção internacional da economia brasileira, à luz das experiências indiana, irlandesa e israelense e a partir da hipótese de que a indústria brasileira construiu, historicamente, elementos que permitem caracterizá-la como um “modelo” de “integração competitiva”. A identificação deste padrão apóia-se na consideração de que a indústria de *software* brasileira seja especializada no atendimento do mercado consumidor interno, produzindo *softwares* que englobam um amálgama de produtos e serviços (como o caso dos produtos customizáveis) por um número de pequenas empresas apoiadas em mão-de-obra bem qualificada.

O objetivo último da dissertação é trazer elementos que consideram os efeitos do dinamismo da indústria de *software* e seus efeitos sobre a análise do padrão de especialização e inserção externa brasileira, frente a experiências paradigmáticas do setor. O progresso desta

análise depende da identificação dos parâmetros que compõem as diversas configurações produtivas e da consideração dos diversos elementos de dinamismo.

Para dar cabo desta questão, a dissertação está organizada em quatro capítulos. O primeiro capítulo parte de um esforço de revisão bibliográfica que retrata a trajetória tecnológica da indústria de *software* seguindo uma abordagem histórica que remonta ao próprio desenvolvimento da indústria de computadores. Esta abordagem se faz necessária, uma vez que o completo entendimento das raízes da atual conformação da divisão internacional do trabalho no setor remonta as suas origens e ao estudo dos países e empresas que atuaram em sua transformação.

Faz-se um esforço de discernir, dentre os elementos desta evolução, as especificidades que caracterizam o *software* e seu desenvolvimento histórico a fim de servir de parâmetro para a análise brasileira à qual se segue respeitando, no entanto, as diferenças econômicas e institucionais existentes entre os países e a impossibilidade da completa emulação e reprodução de tais estratégias ou ao menos, no que respeita à qualidade de seus resultados.

Dando continuidade a este objetivo, o segundo capítulo busca mostrar a composição da indústria de *software*, dado seu caráter específico e heterogêneo. Específico porque difere da análise dos bens manufaturados tradicionais. A natureza imaterial do *software* o transfere características únicas que requerem uma análise que incorpore elementos qualitativos adicionais. Busca-se, em uma primeira etapa, relatar tais especificidades que caracterizam a análise da organização industrial do setor de *software*, passando por elementos de seu processo produtivo até chegar à dinâmica da indústria.

Um segundo esforço é o de apresentar o caráter heterogêneo do *software*, ou seja, as múltiplas possibilidades de formas de apresentação que assume. Novamente, ao contrário de um produto têxtil ou químico, por exemplo, o *software* não pode ser caracterizado por um único meio de aparência ou comercialização, já que ele assume vários deles, muitas vezes, ao mesmo tempo. Entende-se que qualquer abordagem acerca da indústria de *software* demanda, portanto, uma cuidadosa análise destes aspectos – específicos e heterogêneos – que determinam um “produto” e uma indústria únicos.

Estes esforços iniciais englobam um esforço de revisão de literatura em duas etapas, que se volta para a compreensão das particularidades, histórica e economicamente determinadas, da indústria de *software* e que constituem elemento central para a formulação

das dimensões de análise que serão utilizadas na comparação das indústrias selecionadas no trabalho.

O capítulo 3 avança na compreensão de que a heterogeneidade de segmentos da indústria de *software* engendra dinâmicas competitivas distintas que resultam em um ambiente internacional marcado pela convivência de indústrias mais “voltadas para dentro” e outras cujo traço distintivo é a internacionalização. Para traçar um exame das configurações produtivas e as mudanças recentes na divisão internacional do trabalho no setor e balizar o entendimento do caso brasileiro, são analisadas as experiências da Índia, Irlanda e Israel, considerados modelos paradigmáticos do setor. Mais que catalogar modelos industriais, o capítulo traz elementos de mudança que permitem aplicar a natureza dinâmica do *software* ao padrão de especialização e inserção internacional dos países em questão.

Por fim, o último capítulo ocupa-se da apresentação e discussão do caso brasileiro. São apresentados dados secundários e informações empíricas apreendidas através de uma pesquisa de campo. O estudo está estruturado em dois grandes blocos, sendo o primeiro uma análise do padrão de especialização e inserção internacional da indústria brasileira e o segundo uma investigação acerca da construção de competências que serve o setor, com ênfase no capital humano. Trata-se de reunir noções que balizam o debate em torno da posição brasileira, à luz dos países emergentes e frente às oportunidades reveladas pelos processos de globalização das empresas, que têm se mostrado mais complexos, recolocando a urgência do estudo das relações que se estabelecem entre padrões de especialização, inserção internacional e dinamismo na indústria de *software*.

CAPÍTULO 1: A TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DA INDÚSTRIA DE *SOFTWARE* E SEU DESENVOLVIMENTO EM PAÍSES DE ECONOMIA CAPITALISTA AVANÇADA

Difícilmente existe uma nação que tenha adotado a mesma política em relação a cada tipo de indústria.

(Adam Smith, A riqueza das nações, 1996, Vol.1.,p.60)

A atividade de *software* é intrinsecamente dinâmica. É caracterizada pela mudança técnica rápida e sustentada, pela contínua inovação de produto pontuada por alguns avanços principais, a criação de novos usos para os computadores e novos mercados paralelamente à co-existência entre atores estabelecidos e novas firmas empreendedoras. Seu desenvolvimento está relacionado com a própria “evolução” da tecnologia da computação. No entanto, o estabelecimento, propriamente dito, de uma indústria de *software* independente da indústria de *hardware* é relativamente recente, tem cerca de meio século.

Este movimento envolve duas dimensões: uma técnico-científica, que compreende o desenvolvimento de uma atividade relativamente independente do equipamento, e uma econômica, que abrange a constituição de empresas voltadas exclusivamente ao desenvolvimento de *software* (MOWERY, 1996:3; ROSELINO, 1998:2). Entende-se, aqui, que qualquer abordagem acerca da dinâmica desta indústria ou de seus desdobramentos deva partir de uma análise histórica que incorpore a evolução da manufatura de computadores, bem como as políticas empreendidas no sentido de seu desenvolvimento.

Parte-se do princípio que as raízes da atual configuração da indústria de *software* remontam às suas origens e a sua transformação como um todo. Neste sentido, a trajetória tecnológica e institucional da indústria de *software* internacional - subjacente à própria evolução da indústria de informática - observa a liderança econômica e tecnológica dos Estados Unidos a despeito das discontinuidades tecnológicas, cujas competências iniciais, fomentadas pela presença indispensável do Estado, foram reforçadas pelo sucesso limitado do setor na Europa e pelo foco do Japão no mercado nacional e de eletrônicos.

Entende-se que as profundas transformações pelas quais passou esta indústria, desde a sua gênese até os dias atuais, podem ser mais bem compreendidas a partir de uma abordagem que aglutine a análise econômica e os fundamentos institucionalistas. Como afirma Nelson (1995:48), “o debate sobre a organização e políticas industriais é mais bem entendido quando

consideradas variáveis estruturais como o modo de organização das firmas, os padrões de comportamento cooperativo entre elas e suas relações com universidades, por exemplo”.

A análise histórica constitui, portanto, peça fundamental do entendimento das forças que regem a dinâmica industrial deste setor. As próximas subseções são dedicadas, então, a recuperar, alguns dos aspectos fundamentais da estruturação econômica e institucional da indústria mundial de *software*, análise que se constrói com base no estudo da natureza das tecnologias, atores e instituições que acompanharam o desenvolvimento desta atividade. Num primeiro momento, especial ênfase é dada ao caráter dependente da trajetória, dos quais, segundo esta visão, são vítimas os processos de mudança.

Por fim, faz-se um esforço para discernir, dentre os elementos desta evolução, o caráter das políticas industriais empreendidas nos Estados Unidos, Japão e alguns outros países avançados da Europa - com especial atenção à França, Inglaterra e Alemanha - a fim de servir de parâmetro para a análise do “modelo brasileiro”, à qual se segue respeitando, no entanto, as diferenças econômicas e institucionais existentes entre os países e a impossibilidade da completa emulação e reprodução de tais estratégias ou ao menos, no que respeita à qualidade de seus resultados.

1.1 A trajetória tecnológica e institucional da indústria de *software*: dos cartões de energia à computação em nuvem

A história do *software* é, como mencionado, subjacente ao desenrolar da indústria de computadores, cujos princípios remetem à Segunda Guerra Mundial. O termo *software* é entendido como um conjunto de instruções gerais que controlam a operação do *hardware* de tecnologia de informação (TI).

Ainda hoje, entende-se que as inovações que têm revolucionado o processo de coleta, armazenamento, processamento e distribuição de dados e que têm sido responsáveis pelas revoluções no campo da tecnologia de informação têm seu epicentro nas reduções de custo dos componentes. Tal atribuição, contudo, confere sobremaneira um excesso de responsabilidade sobre o elemento físico da máquina, de certa forma negligenciando o papel do *software* nesses desenvolvimentos, consubstanciados no fato de que cada aplicação de TI requer um *software* complementar que transforma a *tabula rasa* do *hardware* em máquinas capazes de desempenhar funções úteis (STEINMUELLER, 1996:15).

Esta subseção busca ressaltar não somente os aspectos históricos associados à evolução desta tecnologia, mas a co-evolução entre tecnologia, estrutura de mercado, instituições, organizações e políticas públicas, que conferiram as condições iniciais para a vantagem competitiva e a manutenção da liderança dos Estados Unidos.

1.1.1 Os anos iniciais da indústria de computadores

As origens da computação moderna remontam ao desejo de tornar mais fáceis alguns cálculos; preocupação impressa no desenvolvimento do Ábaco, passando pelos métodos mecânicos de cálculo de Charles Babbage e chegando ao tear construído por Joseph Jacquard, em 1801, conhecido como o primeiro dispositivo programável de computador (EVANS et.al, 2006:18).

As linguagens de programação e os computadores modernos são derivados das demandas do campo da matemática e idênticos às máquinas iniciais, embora muito mais fáceis de usar. A utilização de portas e números binários, por exemplo, é a base das máquinas contemporâneas. Este período, referenciado por Roselino (1998:28) como a fase de gestação da indústria de *software*, foi marcado pelos desenvolvimentos dos primeiros computadores para fins não comerciais na década de 1940, em resposta às demandas do setor militar norte-americano em virtude da Segunda Guerra Mundial.

A dificuldade de obtenção de tabelas de trajetória e alcance de novas armas impunha a necessidade de realização dos cálculos subjacentes com precisão e em tempo hábil. Neste contexto foi desenvolvido o ENIAC (Computador e Integrador Numérico Eletrônico). Projetado e construído sob a supervisão de dois cientistas da Universidade da Pensilvânia em 1946, foi o primeiro computador digital de propósito geral totalmente eletrônico. Sua programação era feita manualmente e através da utilização de chaves e cabos e o armazenamento de dados era feito através de cartões de energia (*punched-cards*).

O matemático John Von Neumann, tomando conhecimento pelo projeto do ENIAC, engajou-se no projeto do EDVAC, máquina que contava com a inovação de apresentar um programa armazenado na memória do computador, que poderia ser modificado para executar outras funções (ROSELINO, 1998:30). Os pesquisadores criadores do ENIAC fundaram uma empresa e lançaram, posteriormente, o UNIVAC I, entregue em 1951, especializado em algumas operações e funções pré-determinadas.

Respondendo à concorrência, a IBM lançou seu primeiro produto, em 1953, para uso em pesquisa nuclear. O IBM 701 utilizava a tecnologia de válvulas e destinava-se a concorrer no mercado de computadores de grande porte, como o UNIVAC (PIRAGIBE, 1985:23). Chama a atenção, nesta fase, a rapidez com que a IBM assumiu a liderança na indústria de computadores.

Esta posição de proeminência era derivada da combinação do desempenho técnico de seus produtos, sua posição de mercado, suas capacidades em *marketing* e suporte e a existência de um mercado potencial internacional, que permitiu que a empresa reproduzisse, no mercado de computadores, seu desempenho no mercado de máquinas tabuladoras (PIRAGIBE, 1985:24).

É importante perceber que, nesta fase inicial, não era possível fazer uma distinção clara entre o *software* e o *hardware*. Nas palavras de Roselino (1998:28):

Os primeiros computadores eram projetados para fins específicos, estando a tarefa de concepção do equipamento (ou *hardware*) intrinsecamente unida à atividade de elaboração dos comandos e rotinas lógicas (ou *software*) para o seu adequado funcionamento. Nesses primeiros computadores, o próprio estágio de desenvolvimento da tecnologia determinava que o conjunto de instruções lógicas para a sua operação estivesse armazenado em sua estrutura física.

A ausência de uma separação verossímil destas atividades era percebida, também, pelo fato de que o desenvolvimento de *hardware* e *software* era geralmente feito pela mesma empresa (ROSELINO, 1998:28). A produção de *software* estava consubstanciada em linguagens básicas para executar programas rudimentares escritos em linguagem de programação de “baixo nível”, ou seja, em linguagem de máquina, com uma interface “não-amigável” ao usuário.

É importante lembrar que este período inicial dos muitos esforços pioneiros que levaram à emergência de uma indústria de computadores de grande porte como o ENIAC teve como característica a semelhança das condições iniciais no que tange às capacidades científicas das universidades e competências das indústrias correlatas nos Estados Unidos e na Europa. Neste período, o Japão assumia uma posição retardatária.

A análise dos países será retomada posteriormente, mas o desenvolvimento do ENIAC revela um traço de suma importância para a análise da trajetória tecnológica e institucional da indústria de *software*: o papel das universidades, tanto na condução de pesquisa básica quanto aplicada. Seu comprometimento científico em desenvolver computadores eletromecânicos

digitais levou ao desenvolvimento de várias máquinas durante os anos 1940 (MOWERY, 1996:8).

Com relação às empresas, dois grupos delas entraram no mercado de computadores ao longo da primeira geração tecnológica. O primeiro deles era de grandes corporações, como a Burroughs e o segundo, composto por pequenas empresas, criadas por empresários inovadores, muitos deles, egressos das universidades norte-americanas (PIRAGIBE, 1985:26). Algumas firmas européias lançaram computadores, mas, neste período, as empresas norte-americanas já possuíam subsidiárias no exterior (PIRAGIBE, 1985:26).

É verdade que, neste período, as poucas empresas de computadores não produziam muito mais que *hardware*. Algumas delas ofereciam sistemas operacionais como uma parte integrante do sistema de computador. O termo *software* ainda não havia sido cunhado e os programas de computador não eram uma *commodity* (CAMPBELL-KELLY, 1995:82).

As únicas organizações com competências técnicas para desenvolver grandes sistemas de *software* eram as fabricantes de computador em si. O primeiro deles, o SAGE (*Semi - Automatic Ground Environment*), foi desenvolvido entre 1949 e 1962, custou em torno de oito bilhões de dólares e envolveu a criação de um milhão de linhas de código. Foi desenvolvido por uma empresa, denominada RAND, para o sistema aéreo norte-americano. Em maior grau, desenvolvendo programas de aplicações únicas para os clientes, a IBM e os outros fabricantes de computadores de grande porte conformaram um importante setor da indústria fornecedora de *software* (CAMPBELL-KELLY, 1995:80).

Como ressaltado por Roselino (1998:30), a concepção de Von Neumann em se programar logicamente um equipamento, sem a necessidade de modificação de sua estrutura física, marcava o início da separação **conceitual** entre *software* e *hardware*. Este avanço foi seguido de outras inovações que viabilizavam a utilização de tecnologias programáveis. Nitidamente, a mais importante delas foi a invenção dos transistores, tecnologia que aprimorou a velocidade de processamento, a portabilidade e a segurança na operação dos equipamentos. É possível notar, desde os tempos iniciais do desenvolvimento de *software*, sua relação simbiótica com o *hardware*, uma vez que seus ganhos de desempenho e diminuição de tamanho e custo possibilitaram o surgimento de programas de computador mais sofisticados (PRESSMAN, 2001:4).

Mas a programação destas máquinas era um processo tedioso que se assemelhava à programação de uma calculadora mecânica. O programador devia especificar em termos de

hardware, i.e, em linguagem de máquina (*Assembly Code*), a seqüência de passos que o computador iria empreender. Tal característica vinculou o desenvolvimento de *software* a máquinas específicas (MOWERY e ROSENBERG, 1999:157; ROSELINO, 1998:31).

O gargalo desta programação em linguagem de máquina residia na dificuldade de alteração dos programas, uma vez que a inserção de dados ou instruções na seqüência necessária exigia referências de memória, inexistentes nos antigos computadores. Para tanto, sugeriram as chamadas linguagens de “alto nível”, ou seja, notações mais próximas ou compreensíveis ao usuário, a fim de tornar a escrita dos programas complexos substancialmente mais fáceis (EVANS et.al, 2006:21; MOWERY, 1996:57).

É importante perceber que nos anos iniciais do desenvolvimento dos sistemas computadorizados, o *software* era considerado secundário, para o qual havia poucos métodos sistemáticos. Ele não era considerado uma atividade econômica *per se*, mas complementar à comercialização dos computadores (PRESSMAN, 2001:5; ROSELINO, 1998:32). A formulação dos programas propriamente ditos foi impulsionada com o desenvolvimento de linguagens de programação de maior complexidade.

Neste sentido, o FORTRAN (*Formula Translator*), desenvolvido na IBM para a computação científica e apresentado em 1957, foi a primeira destas linguagens, acompanhada posteriormente do COBOL, BASIC, C e Java, por exemplo. Não coube, entretanto, somente às empresas a tarefa de desenvolver linguagens de programação.

O governo norte-americano, motivado pela necessidade de profissionais qualificados para atender as demandas de aplicações de tecnologias computacionais influenciou o aperfeiçoamento de técnicas iniciais de programação através do apoio à disseminação de informação e à criação da disciplina de Ciências da Computação, pela academia (ROSELINO, 1998:32).

Ao final da década de 1950, a tecnologia dos componentes eletrônicos semicondutores evoluiu rapidamente, permitindo avanços significativos no desempenho e alguma redução de custo destes computadores (MALERBA et.al, 1999:8). O maior exemplo, o transistor, lançado em 1948 pelos Laboratórios Bell, da American Telephone & Telegraph (AT&T) tornou-se a base de todos os novos produtos eletrônicos, substituindo os tubos a vácuo e válvulas eletrônicas como elemento de circuito. A demanda inicial por transistores nos Estados Unidos

proveio dos setores de defesa e atividades aeroespaciais e o primeiro computador dotado de transistores foi lançado pela Sperry-Univac em 1958¹ (PIRAGIBE, 1985:28).

A geração dos transistores correspondeu também à passagem do computador de uso científico para os equipamentos de uso geral, o que representou grande expansão de demanda. Por outro lado, as necessidades dos usuários civis eram diferentes das militares. Assim, o tamanho dos computadores diminuiu e surgiu a concepção das **séries** de computadores, ou seja, um número de modelos do mesmo fabricante com características semelhantes, mas com diferentes relações preço-desempenho (PIRAGIBE, 1985:29).

Há que entender que os computadores eram um bem eletrônico novo, que atraía produtores do setor de eletrônica já ativos em algumas de suas outras ramificações. As características específicas de tecnologia e mercado desta nova indústria mundial eram refletidas nos tipos de empresas que entraram no setor: as OEM (*Original Equipment Manufacturing*), as firmas eletrônicas em si e as novas empresas². Elas possuíam competências distintas e estratégias diferentes, mas enfrentavam as mesmas incertezas colocadas pela natureza do uso comercial da computação às direções do progresso técnico.

O apoio governamental, embutido na concessão de recursos públicos para o desenvolvimento de instrumentos científicos para a pesquisa no setor – notadamente os *mainframes* – culminou com o desenvolvimento do *chip*, uma categoria de semicondutor que elevou a capacidade de processamento das máquinas, reduziu os custos dos equipamentos e manutenção e representou um marco para a história das indústrias de tecnologia de informação (ROSELINO, 1998:33).

1.1.2 A gênese da indústria de *software*

A primeira metade dos anos 1960 foi um período de crescimento para os fornecedores de *software*. O ambiente institucional começou a se mostrar inibidor das atividades de desenvolvimento de *software* por parte dos fabricantes de computador devido ao incremento de velocidade e tamanho dos mesmos, fazendo com que eles contratassem essas atividades de terceiros. Conforme explica Campbell-kelly (1995:85), houve um aumento no número de

¹ A mudança tecnológica também foi uma oportunidade para outras firmas norte-americanas entrarem na indústria. A Philco, que detinha a tecnologia dos transistores, lançou o seu computador de grande porte em 1958, seguida pela G.E. (PIRAGIBE, 1985:29).

² Entre as OEMs, as mais proeminentes eram a IBM, a Remington-Rand, Burroughs, Olivetti, Bull e BTM. Entre as firmas de eletrônicos, a GE, Honeywell, RCA, Siemens, Standard Elektrik, Lorenz, Telefunken, GEG e Ferranti. As novas firmas eram menos importantes competitivamente, mas incluíam a CDC, SDS, ERA, CRC, Eckert-Mauchly, Nixdorf e Zuse (BRESNAHAN e MALERBA, 1999:8).

fornecedores de *software*, que detinham a capacidade técnica de programação e o domínio do conhecimento das aplicações almejadas.

Apesar disto, a IBM consolidou-se como líder mundial no segmento de *mainframes* e assim permaneceu por cerca de trinta anos. Seu esforço contínuo em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos (P&D) foi combinado com capacidades de manufatura e competência de atendimento do mercado – grandes e médios usuários (BRESNAHAN e MALERBA, 1999:14). Mas o ponto é que o aumento das técnicas de programação abriu um novo leque de possibilidades para o *software*, o que ampliou o uso do “produto” e a criação de empresas de *software* (PRESSMAN, 2001:6).

Como citado, o projeto dos antigos *mainframes* era complexo, uma vez que exigia a definição de cada etapa da lógica do computador. Tal processo exigia elevados recursos técnicos em projeto e simulação, que ficavam muito aquém das possibilidades das pequenas empresas. Essa barreira tecnológica à entrada, associada à barreira financeira e o domínio de mercado pela IBM é que fizeram com que a indústria de computadores tivesse sua estrutura praticamente inalterada na década de 1960 (TIGRE, 1985:15).

Uma mudança importante na estratégia competitiva das empresas veio com a adoção da **compatibilidade** entre equipamentos de um mesmo fabricante, vinda com a introdução de uma “família” de computadores completamente modular e compatível, a System/360 (PIRAGIBE, 1985:36). Tal medida facilitava a troca de computadores pelo usuário, sem a necessidade de mudança nos periféricos ou nos programas e marcava o estágio final da evolução dos computadores para o uso geral.

A introdução do System/360 estabeleceu a primeira plataforma padrão da indústria e mudou radicalmente a estrutura da IBM e da indústria de computadores em geral. Com ela, a padronização dos componentes e do *software* permitia a exploração de economias de escala na produção dos componentes e a conseqüente integração vertical das firmas, o fornecimento de uma linha de produtos compatíveis e a introdução da **modularidade**³ no processo de fabricação. Com isso, um número de fornecedores de *software* começou a explorar a idéia de converter os artefatos de *software* existentes em pacotes (CAMPBELL-KELLY, 1995:87).

É possível dizer que a família System/360 foi o marco definitivo em direção ao uso comercial das tecnologias computacionais e permitiu o intercâmbio de *software* e periféricos

³ Abordagem que descreve o programa como um conjunto de módulos, com um número de equipes trabalhando em paralelo, especificando a função de cada módulo e a interface que os une.

entre diferentes máquinas. Esta flexibilidade só era garantida por causa da padronização característica da produção seriada, tanto no segmento dos computadores de grande porte – os *mainframes* – quanto de médio porte – os minicomputadores (ROSELINO, 1998:35).

Tecnicamente, a compatibilidade entre os tamanhos e usos dos computadores alterava o processo de *design*. É possível dizer que ao invés da otimização de componentes para servir propósitos específicos, exigia-se agora a coordenação da produção de componentes de propósito geral que pudessem, posteriormente, ser especializados (BRESNAHAN e MALERBA, 1999:16).

Nesta época, mais precisamente em 1969, a decisão da IBM – sob pressão de autoridades americanas anti-truste - em separar (*unbundle*) o *hardware* do *software*, marca a **definição do *software* como atividade econômica**, representando outro marco para esta indústria⁴. Segundo Roselino (1998:37), podemos entender que a fase inicial do setor de *software* foi inaugurada em 1965, com a produção desses computadores seriados e estendeu-se até 1969, com a decisão da IBM de separá-lo do *hardware*.

Esta separação marca também o advento de uma indústria de *software* independente nos Estados Unidos e a mudança de percepção do *software* de um bem público para uma *commodity*, fato que estabeleceu o mercado para o *software* pacote (CAMPBELL-KELLY, 1995:88). Mas, acima de tudo, marca o movimento de autonomização da atividade de desenvolvimento de *software*. Nas palavras de Roselino (1998:37),

O *software* passa a ser, sob o ponto de vista técnico e empresarial, uma atividade crescentemente separada do *hardware* de uso geral ou atribuição dos usuários que vai ter um papel de período de transição para a efetiva constituição de uma importante atividade econômica a partir dos anos sessenta.

Este período marca, por isso, o início de uma indústria de *software* independente nos Estados Unidos. Como explica Roselino (1998:37), antes desta fase, “as empresas de *software* eram pequenas e apoiadas em contratos governamentais e trabalhos de desenvolvimento de sistemas para as empresas produtoras de computadores”.

⁴ Piragibe (1985:38) explica que estas empresas de base OEM permaneciam dependentes das estratégias da IBM, apesar da mudança dos padrões industriais, e eram incapazes de competir diretamente com a IBM. Estes fatores suscitaram ações anti-truste no Departamento de Justiça norte-americano. Apesar de não ter sido um argumento comprovado pela literatura como desencadeador da decisão da IBM de separar o *software* do *hardware*, considera-se que este fator tenha aberto precedentes para tal.

A estratégia de fabricação de produtos compatíveis envolveria, contudo, o desenvolvimento de infra-estrutura de manufatura e gastos em P&D. Tendo a IBM sustentado estes custos, a fronteira tecnológica foi impelida para “cima” e reforçada com a introdução da família 370, que representava um avanço técnico considerável e reafirmava o domínio da IBM no segmento de *mainframes*.

Os concorrentes lançaram mão de estratégias seguidoras da IBM, produzindo componentes específicos para nichos de consumidores ou periféricos compatíveis com os produtos daquela empresa. Contudo, o controle da arquitetura, os componentes-chave do *software* e o sistema operacional permaneciam com a IBM, fato que manifestava a manutenção da estrutura oligopolizada da indústria, a despeito da “competição dos compatíveis” (BRESNAHAN e MALERBA, 1999:19).

Outra transformação importante do período foi a introdução dos minicomputadores, no início dos anos 1960, uma das inovações mais revolucionárias da indústria de computadores até então. Os primeiros produtos, oferecidos pela DEC, custavam um décimo do preço e ocupavam apenas uma fração do espaço requerido pelos *mainframes*, avanço que se deve, em parte, pelos aprimoramentos na tecnologia dos componentes eletrônicos (PIRAGIBE, 1985:30).

A introdução dos minicomputadores permitiu a emergência de atores inéditos e especializados, sem, contudo, dismantlar a característica concentrada da indústria. Intermediárias entre os produtores e os clientes, as chamadas *System houses* (casas de sistemas) e os varejistas de alto valor agregado, estas firmas puderam se desenvolver, de maneira descentralizada, baseadas em uma inovação na tecnologia de componentes – o microprocessador – e satisfazer as necessidades de novos tipos de demanda, como familiares e educacionais.

Além disso, eles inauguraram uma nova classe de demanda, que incluiu laboratórios de pesquisa de médio porte, firmas manufatureiras e pequenos negócios, que não haviam sido preenchidos pelos *mainframes*, já que, anteriormente, a maioria dos programas era desenvolvida e utilizada pela própria empresa. Analogamente, novas firmas foram estabelecidas. A IBM demorou a entrar no segmento e não atingiu a parcela de mercado que possuía no segmento de *mainframes* (MALERBA, et.al, 1999:8).

Concomitantemente, o progresso técnico em circuitos integrados possibilitava o lançamento de produtos de *performance* crescente, a preços declinantes, permitindo a difusão dos minicomputadores em atividades de

instrumentação, laboratórios, universidades e outros mercados de uso científico (PIRAGIBE, 1985:41).

A importância desta etapa reside, como assegura Roselino (1998:36), no fim das tentativas de separar linhas de computadores para fins comerciais, científicos ou governamentais. Ainda, os desenvolvimentos que marcaram a década de sessenta foram responsáveis por consolidar a indústria de *software* nos Estados Unidos no início do decênio seguinte, através da generalização do uso dos microcomputadores em várias atividades e o crescimento da importância do *software* (ROSELINO, 1998:38).

1.1.3 Crescimento da indústria

Ao longo da década de 1970, uma indústria independente de *software* aflorou, representada por um número de empresas desenvolvedoras de *hardware*, especializadas no em programas de computador. Nesta etapa, apenas o sistema operacional permaneceu sob controle da IBM, sendo fornecido juntamente com o *hardware*. “Os demais aplicativos ofertados pelas empresas passam a sofrer uma concorrência cada vez mais acirrada destes produtores independentes” (ROSELINO, 1998:39).

A maioria dos fabricantes de *mainframes* envolveu-se no fornecimento de *software*, contando com as **competências herdadas no período anterior**, uma vez que o lançamento da família System/360 e a expansão do mercado de minicomputadores criaram as bases para a produção de *software* por parte destas empresas (ROSELINO, 1998:39; CAMPBELL-KELLY, 1995:83).

Os anos 1970 vivenciaram, portanto, um período de crescimento do mercado de *software*, em conformidade com o aumento de empresas que o produziam e com a complexidade do “produto” (PRESSMAN, 2001:7). O mercado norte-americano nitidamente aglomerava um número significativo de empresas, muito embora a estrutura de mercado permanecesse concentrada em algumas poucas empresas, quais sejam, IBM, Borroughs e Control Data (ROSELINO, 1998:40).

É preciso lembrar que o marco desta etapa vem da decisão da IBM em separar o *hardware* do *software*, que, juntamente com a expansão das vendas de *mainframes* e dos minicomputadores de uso geral, criou um mercado para aplicações de *software*, tanto no segmento horizontal, quanto no vertical. Nas palavras de Roselino (1998:41),

A expansão do uso de computadores em diferentes atividades ou setores abre novas oportunidades para empresas de *software* (grifo do autor), que prestam serviços especializados em determinadas atividades, ou mesmo passam a oferecer pacotes (customizáveis ou não) para determinados nichos, resultando na formação de um mercado de *software*(grifo do autor) pacote vertical.

Ainda na década de 1970, surgem os microcomputadores, também conhecido como a quarta geração tecnológica - depois das gerações baseadas em válvulas eletrônicas, transistores e circuitos integrados - um dos pilares do período seguinte. Os microcomputadores originaram-se das empresas que montavam máquinas, escreviam *software* e forneciam conhecimento, não das antigas fabricantes de *mainframes*.

Mas o aparecimento dos microcomputadores foi influenciado sobretudo pelo surgimento dos circuitos integrados de larga integração, conhecidos como **microprocessadores** - em 1971, pela Intel - que criaram a base para seu desenvolvimento. Os componentes incorporavam muitas das funções requeridas pelos computadores, simplificando a tarefa de projetar equipamentos, além de poderem ser programados (TIGRE, 1985:15; PIRAGIBE, 1985:54).

Alguns fabricantes traziam inovações importantes, como facilidade de comunicação e maior capacidade de memória, enquanto outros passaram a copiar os modelos oferecidos pelos líderes de mercado, oferecendo características adicionais ou menores preços (TIGRE, 1985:15). É importante ressaltar que a oferta de microprocessadores permitiu a criação de novas empresas e sua difusão teve um impacto importante sobre a indústria de computadores:

A possibilidade de fazer uso direto das inovações em microeletrônica permitiu a criação de muitas novas empresas de microcomputadores, devido às reduzidas barreiras à entrada nesse mercado, associadas ao crescimento explosivo da demanda por tais produtos naquele período. A Apple norte-americana era o exemplo mais bem-sucedido de novas empresas de microcomputadores (PIRAGIBE, 1985:56).

Mais importante ainda para a indústria de *software* é o fato de que o advento e o uso generalizado dos microprocessadores e *workstations* produziram um amplo conjunto de produtos inteligentes, que iam de automóveis a fornos microondas, e que faziam uso de programas de computador (PRESSMAN, 2001:7).

Faz-se importante notar outro aspecto importante para a indústria, a participação dos gastos do governo. Fundamentais no período de gênese desta indústria, eles permaneceram significativos. Há que se fazer uma ressalva, no entanto. Conforme exprime Roselino

(1998:40), houve uma alteração na natureza da relação entre esses gastos públicos e o desenvolvimento das tecnologias de informática, já que agora a adoção destas tecnologias não era feita imediatamente após sua compra pelo governo.

1.1.4 Solidificação

A década de 1980 foi marcada pela expansão da base instalada dos microcomputadores (PCs), impelida pela redução de preços das tecnologias e a crescente capacidade de armazenamento e processamento de dados por estes equipamentos.

Este período presenciou também uma inflexão na estrutura do setor e na dinâmica de concorrência, uma vez que a indústria de *hardware* reduziu significativamente sua participação no mercado de *software*, concentrando esforços no desenvolvimento de novos equipamentos, à exceção da IBM, que tinha elevada parcela de seu faturamento total associada à comercialização e prestação de serviços em *software*. O *locus* da geração de renda deslocou-se, portanto, para o desenvolvimento de **aplicações**, tornando o *hardware* em si uma *commodity* (BRESNAHAN e MALERBA, 1999:37; ROSELINO, 1998:43).

Como Roselino (1998:44) explica, esta orientação da indústria foi possibilitada pela trajetória tecnológica da indústria de microcomputadores, que, neste período, convergia para a utilização de padrões tecnológicos dominantes, ao contrário do período inicial da indústria, em que o *software* deveria ser escrito para cada máquina. As plataformas de computador com interfaces abertas, tais como a composta pela tríade IBM/Intel/MS-DOS, ganharam importância e estabeleceram sua própria dinâmica de indústria.

Estas plataformas permitiam a troca, a conectividade, a interoperabilidade entre o *software* de sistemas e o *hardware*. Mais importante que isso é o fato de que a existência de uma interface aberta e de firmas de tecnologia especializada eram mutuamente reforçadoras (BRESNAHAN e MALERBA, 1999:38). A preferência pelo sistema aberto advinha da vantagem obtida com os ganhos dos projetos, que agora vinham das empresas independentes (TIGRE, 1985:15).

Ilustração deste fato foi a entrada da IBM, neste mercado, em 1981, com o modelo PC. O produto não apresentava vantagens tecnológicas importantes sobre os concorrentes, na medida em que usava um microprocessador padrão da Intel e *software* aberto, o sistema operacional MS-DOS. Paralelamente ao desenvolvimento dos PCs, foi o surgimento da

categoria das estações de trabalho (*mainframes*), que, como afirma Roselino (1998:42), ocupavam um lugar intermediário entre os computadores pessoais e os minicomputadores.

O lançamento do MS-DOS, pela IBM, também pode ser considerado outro evento de suma importância para a história da indústria de microcomputadores. Isso porque a convergência dos padrões tecnológicos que se seguiu representava o início da posição monopolista da Microsoft no segmento de sistemas operacionais. Como salienta Roselino (1998:46), “esta convergência em direção ao padrão definido na tríade IBM-Microsoft-Intel vai significar base fundamental sobre a qual a indústria de *software* para microcomputadores vai ser construída”.

Ao final da década de 1980, os aprimoramentos nos PCS e os desenvolvimentos tecnológicos modificaram a trajetória para padrões abertos em *hardware* e *sistemas de software*. Os microcomputadores passaram a ser vendidos já com algum sistema operacional instalado, de forma que **o desenvolvimento de qualquer outro aplicativo dar-se-ia com base na plataforma de software** (ROSELINO, 1998:56).

Fica claro ver, por conseguinte, que o domínio deste segmento por uma única empresa representaria uma vantagem concorrencial de *first mover* sobre os concorrentes. Tendo em vista os elevados custos de desenvolvimento do *software*, a necessidade de sua reprodução em alta escala erigia uma barreira à entrada no setor, com a nítida liderança da Microsoft.

Esta revolução na indústria fora possibilitada pela introdução de outro marco da história da computação, o **microprocessador**. Esta nova tecnologia de componente permitia melhorias significativas no desenho de *mainframes* e de minicomputadores. Seu impacto notável reside, contudo, na possibilidade de projetos de produtos de melhor **desempenho** que poderiam ser produzidos a um **custo** relativamente baixo, binômio que caracteriza as inovações no setor de informática. É verdade que a indústria de *hardware* foi berço do setor de *software*. No entanto, costumam-se assumir, freqüentemente, para o segundo, os determinantes do primeiro. Por isso, o quadro 1, a seguir, faz um esforço de sintetizar os pontos que permearam a trajetória tecnológica em *software* até este período.

Quadro 1: Trajetória(s) tecnológica(s) no desenvolvimento de *software*

As mudanças ou melhorias em *software* podem tomar uma variedade de formas. E neste contexto, o reconhecimento das especificidades deste bem (como sua imaterialidade e a complementaridade com o setor eletrônico) é central para o entendimento dos fatores que guiam a inovação. Concentrando-se nas trajetórias das **inovações técnicas**, ou seja, que alteram ferramentas, técnicas, métodos ou linguagens de programação, a agenda

de inovação genérica para o *software* é dada, essencialmente, pela busca de **produtividade**⁵ e **qualidade**, mas também, condicionada por elementos localizados a cada ponto do tempo. Por exemplo, as limitações em hardware, no período 1950-60, com relação aos altos custos e limites de processamento e memória fizeram com que muito do esforço inovativo fosse dedicado ao desenvolvimento de programas com maior eficiência em uso da máquina, ao invés de produtividade ou qualidade (QUINTAS, 1994:26).

Bem, podem-se elencar **três trajetórias tecnológicas principais** em *software*: i) linguagens de programação; ii) ferramentas de desenvolvimento e iii) técnicas de programação e projeto. No processo, houve ganhos de produtividade para o programador, vantagens que foram, em grande parte, possibilitadas pelos avanços complementares provenientes da indústria de *hardware*, por exemplo, os avanços na memória dos computadores (QUINTAS, 1994:34).

Começando pela evolução das **linguagens de programação**, ressalta-se que elas seguiram uma trajetória cumulativa em relação ao conhecimento, uma vez que os desenvolvimentos subsequentes foram pautados no estado-da-arte das chamadas “gerações” (análoga à trajetória da indústria de computadores) anteriores de linguagem. Em resumo, a evolução da trajetória tecnológica da indústria de *software* é uma história em que se passou das funções binárias para as linguagens naturais (mais próximas aos humanos).

- A primeira geração (1GL) ficou conhecida como linguagem de máquina e utilizava somente 0 (zero) e 1 (um) para programar *software*. Sua vantagem era que o código escrito pelo usuário era muito rápido e eficiente. No entanto, o surgimento de linguagens com maior capacidade de abstração e menor ocorrência de erros fez com que ela caísse em desuso. A segunda geração, por sua vez, representada pela linguagem de montagem (*assembly*), apresentava uma notação legível por humanos. Esta evolução foi um dos pontos iniciais de mudança, nesta trajetória, ainda na década de 1950, e foi possibilitada pela existência de programas chamados “*assemblers*” (montadores), que traduziam códigos mnemônicos para linguagem de máquina⁶.

- O próximo passo desta trajetória foi o desenvolvimento de linguagens de “alto-nível”, ou seja, mais próximas das linguagens naturais e mais distantes das linguagens de máquina, também conhecidas por “linguagens de terceira geração (3GL)”. A primeira delas, como visto anteriormente, foi a FORTRAN (*Formula Translator*), desenvolvida na década de 1950 com o envolvimento da IBM. Outras linguagens a seguiram, como a COBOL, em 1959 e a ADA (para uso militar), em 1970. Esta geração de linguagens, por fazer menor uso de linguagens de máquina, tinha a vantagem de tornar a programação acessível a um número maior de pessoas, relativamente às linguagens anteriores, que fossem treinadas (QUINTAS, 1994:34).

- A elas seguiram os desenvolvimentos, na década de 1980, de linguagens de quarta geração (4GL), cujos vocabulário e sintaxe são bem próximos à linguagem natural. Com elas, o programador não precisa ter idéia alguma de como o computador operava para realizar as tarefas solicitadas, ou seja, ele deve descrever *o que* tem que ser feito, não *como*. Um dos exemplos é a SQL (*Structured Query Language*), que se tornou um padrão

⁵ Apesar de a medição da produtividade em *software* não ser uma idéia totalmente intuitiva ou imune a falhas teóricas, há alguns indicadores comumente utilizados por causa de sua simplicidade e facilidade de cálculo, como a relação entre linhas de código pelo número de pessoas/dias ou pessoas/mês. Esta equação tem a desvantagem, por exemplo, de não incorporar todos os recursos que aumentam a produtividade.

⁶ A definição de termos como “linguagem de máquina” e “*assemblers*” pode ser encontrada no Anexo 2 (Glossário) deste documento.

para manipulação e consulta a banco de dados e ainda é utilizada em conjunto com as linguagens de terceira geração.

Paralelamente ao desenvolvimento de linguagens, foram desenvolvidas **ferramentas** em engenharia de *software* que melhorassem os processos de “produção” de *software* desde os anos 1950. Parte crescente é comercializada na forma de produto e tem abarcado estágios cada vez maiores do ciclo de vida do produto. Um exemplo são as ferramentas CASE (*Computer Aided Software Engineering*), programa utilizado para apoiar processos de *software* como análise de requisitos, cujas ferramentas incluem dicionários de dados, compiladores, ferramentas de construção de sistema, entre outros. A forma de produção modularizada, detalhada no próximo capítulo, também é uma evolução no sentido de ferramentas de desenvolvimento de *software*.

Por fim, ainda outra linha de desenvolvimento técnico (desenvolvida desde 1960) em *software* relaciona-se às **técnicas** de programação e projeto “voltadas ao objeto” (*OO – Object oriented*), que utilizam objetos, isto é, estruturas de dados, para projetar aplicações. Sua grande utilidade reside na possibilidade de reuso destes objetos para sucessivas aplicações. Algumas linguagens, como a Simula, têm raízes nos anos 60. Outras como a C++ surgiram na década de 1980. A figura 1 sintetiza as três trajetórias tecnológicas em *software* comentas aqui, ressaltando alguns de seus desenvolvimentos principais.

Figura 1: Trajetórias de desenvolvimento de *software*, 1950-1985

Fonte: Elaboração própria com base em Quintas (1994:37).

Em resumo, há uma pluralidade de trajetórias possíveis de desenvolvimento tecnológico em *software*. A evolução das linguagens de programação sugerem uma progressão das funções de máquina para as linguagens

naturais. As ferramentas de engenharia de *software*, por seu turno, fazem parte de uma trajetória de busca por ferramentas que agilizam o trabalho humano e finalmente, as técnicas voltadas ao objeto alteram a seqüência de desenvolvimento de *software*. Não se deve esquecer que a mudança técnica é moldada por fatores institucionais e pela base de conhecimentos e competências de uma organização ou país.

O surgimento do computador pessoal (PC) abriu, a exemplo das classes de computador anteriores, um novo segmento de demanda: as pequenas empresas e os usuários pessoais. Seu advento também engendrou o nascimento de um número de novas firmas nos Estados Unidos, especializadas e competindo nas diversas camadas de mercado e conectadas através de padrões comuns (MALERBA et.al, 1999:8).

As necessidades desta nova classe, contudo, demoraram a ser percebidas pelos fabricantes de *mainframes* e *mínis* estabelecidos. Por esta razão, quando a IBM entrou de fato neste novo mercado, ela o fez através do estabelecimento de alianças externas: a Microsoft para produzir *software* de sistemas operacionais e a Intel, para os microprocessadores.

Dessa maneira foi que a IBM, a despeito de não lograr o mesmo domínio que tinha no segmento dos *mainframes*, controlou parte significativa do mercado de PCs: através de sua capacidade de abandonar suas capacitações internas em favor de uma rede externa para conseguir entregar o produto que o mercado precisava em tempo hábil e em meio às incertezas e à velocidade da mudança tecnológica que cercava o mercado de microcomputadores (MALERBA et.al, 1999: 8; LANGLOIS, 1990:97).

Assim como outras produtoras desses computadores, ela era, intrinsecamente, uma montadora, que comprava a maior parte de seus componentes no mercado aberto, de forma antagônica à época dos *mainframes*, em que era responsável pela produção da maioria dos componentes e do *software*. No caso intermediário, dos minicomputadores, já era notada a maior especialização vertical que na produção de *mainframes*, com as firmas comprando seus circuitos integrados e um número de componentes no mercado aberto (MALERBA et.al, 1999:9).

Em meio a este processo de desintegração vertical, a dimensão-chave para o sucesso da inovação era a habilidade de usar as **complementaridades** que uniam tecnologia, usuários e aplicações. Importante é perceber que as soluções para aplicações, *software* personalizado e serviços se *software* exigiram uma base de conhecimento para a inovação diferente daquela necessária à produção de *hardware*: um entendimento no mínimo razoável dos usos finais das

aplicações horizontais (como processadores de texto) e verticais (*software* para bancos, transportes, etc.).

A facilidade do uso e a familiaridade dos pequenos sistemas de computadores, anteriormente desenvolvidos para aplicações individuais, eram agora utilizadas por várias classes de consumidores. A estrutura industrial da computação sofreu, portanto, uma dramática mudança. E foi tão grande, que é possível dizer que houve uma velha indústria, em distinção a uma nova, em que elas diferiam em uma gama de dimensões, quais sejam organização da firma, estrutura industrial e base técnica. Em suma, o êxito passara de um modelo verticalmente integrado de firmas que ofereciam soluções personalizadas para um modelo de firmas especializadas tecnologicamente e que não produziam mais *hardware* (LANGLOIS, 1990:100).

Mais uma vez, as vantagens competitivas permaneceram aos Estados Unidos, a despeito das descontinuidades tecnológicas, e por razões diferentes quando comparadas à era dos *mainframes*, mínis ou micros. No primeiro segmento, sua primazia coincidia com a da IBM. Já na etapa dos mínis e micros, ao contrário, as condições de entrada e o ambiente institucional propício ao rápido crescimento de novas firmas formaram a base da supremacia norte-americana.

O fato é que, para a computação em rede, as fontes da proeminência norte-americana mudaram novamente: os sistemas de computador em rede eram altamente complexos e ricos em oportunidade. **As plataformas abertas e os grupos de padrões dificultavam a inovação em todos os subsistemas pela firma individual.** A presença de fortes complementaridades e externalidades de conhecimento local deram as vantagens competitivas aos estadunidenses, mais precisamente, ao Vale do Silício, que possuía uma gama de firmas na fronteira tecnológica em cada segmento de mercado que se beneficiavam dos *feedbacks* positivos e dos retornos crescentes ao conhecimento (BRESNAHAN e MALERBA, 1999:40).

Por fim, um dos novos paradigmas que se avanta para a indústria de *software* é a chamada computação em “nuvem”, composta por uma infra-estrutura que inclui redes de comunicação, provedores de Internet e centros de armazenamento e processamento de dados. Para que esta “nuvem” seja acessada, é necessário um número de aplicativos, ferramentas de busca e formatação de conteúdo. Esta tendência pode ser observada nos esforços de empresas como Google, Amazon e Microsoft, ao investirem em “soluções de computação distribuída, utilizando servidores próprios ou de terceiros, remunerados por ceder parte da sua capacidade

de processamento e armazenamento de dados”, em que muitos dos servidores estão dispersos geograficamente (TIGRE, 2009:14). O funcionamento desta estrutura segue esta configuração:

O protocolo Internet (IP) constitui a linguagem universal que permite a padronização dos pacotes de diferentes mídias e comporta o tráfego indistinto de voz, dados e imagens. Produtos deverão ganhar códigos identificáveis por rádio frequência, permitindo sua identificação, transporte e integração. Tal infra-estrutura é acessada por terminais como PC e dispositivos móveis que conectam a nuvem ao ser humano. (TIGRE, 2009:14).

Em poucas palavras, a evolução da estrutura de mercado no setor de *software* foi marcada pela emergência de uma firma dominante nos anos iniciais da indústria, cuja força se apoiou no segmento de mercado que ela primeiro açambarcou em face das várias mudanças tecnológicas que se seguiram. Por outro lado, as firmas entrantes foram veículos através dos quais novas tecnologias abriram novos segmentos de mercado.

Os antigos líderes até entraram nos novos mercados, mas não conseguiram expulsar os *newcomers*. Em maior grau, a liderança industrial internacional permaneceu com as firmas americanas, embora a identidade de suas firmas tenha mudado (MALERBA, et.al, 1999:9). Mudar de subproduto da indústria de *hardware* para um processo desintegrado de desenvolvimento de *software* envolveu, como visto, uma série de empresas, métodos e esforços que podem ser sumarizados em uma seqüência de fases evolucionárias (tabela 1):

Tabela 1: Fases evolucionárias da estruturação da indústria de *software*: uma síntese

Fases	Mudanças complementares - indústria eletrônica	Mudanças tecnológicas na indústria de <i>software</i>	Mudanças na estrutura de mercado da indústria de <i>software</i>
<i>Anos iniciais da indústria de computadores e gestação da indústria de software</i>			
Fase 1 (1940-1950s)	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento dos primeiros computadores para uso militar - 1ª Geração de computadores (válvulas): a) ENIAC: programação manual e armazenamento de dados em cartões de energia b) EDVAC: possuía programa armazenado na memória - 2ª Geração de computadores (transistores) 	<ul style="list-style-type: none"> - 1ª Geração de linguagens (“baixo nível”): execução programas rudimentares (FORTRAN, COBOL) - 2ª Geração de linguagens (de montagem) - SAGE: primeiro grande <i>software</i>, destinado ao sistema aéreo norte-americano 	<ul style="list-style-type: none"> - IBM 701: destinado ao mercado de computadores de grande porte

(Continuação)

Fases	Mudanças complementares - indústria eletrônica	Mudanças tecnológicas na indústria de <i>software</i>	Mudanças na estrutura de mercado da indústria de <i>software</i>
<i>Gênese da indústria de software</i>			
Fase 2 (1960s-1970)	<ul style="list-style-type: none"> - Séries de computadores padronizados - 3ª Geração de computadores (circuitos integrados) 	<ul style="list-style-type: none"> - 3ª Geração de linguagens (“alto nível”) - Aumento das técnicas de programação - Economias de escala e modularização na produção de <i>software</i> permitiram início dos pacotes (porque podia ser intercambiado pelos computadores) - Consolidação da autonomização da atividade de <i>software</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - IBM separa <i>hardware</i> de <i>software</i> - Aumento das empresas fornecedoras de <i>software</i> - Oligopólio da IBM (controle da arquitetura e componentes-chave do sistema operacional) - Consolidação da indústria nos EUA
<i>Crescimento da indústria de software</i>			
Fase 3 (1970s)	<ul style="list-style-type: none"> - Surgimento dos microprocessadores e microcomputadores 	<ul style="list-style-type: none"> - Programas mais complexos, possibilitados pelos avanços da eletrônica 	<ul style="list-style-type: none"> - Crescimento das empresas fornecedoras independentes de <i>software</i>
<i>Solidificação da indústria de software</i>			
Fase 4 (1980 – atual)	<ul style="list-style-type: none"> - Padrões tecnológicos dominantes nos computadores pessoais - 4ª Geração de computadores (integração em escala muito grande – VLSI) 	<ul style="list-style-type: none"> - 4ª Geração de linguagens (“alto nível”) - Paradigma em nuvem 	<ul style="list-style-type: none"> - Posição monopolista da Microsoft no segmento de sistemas operacionais - Consolidação da posição norte-americana e do Vale do Silício - Desintegração vertical das eletrônicas

Fonte: Elaboração própria com base na revisão de literatura.

1.2 A preeminência da indústria de *software* dos Estados Unidos

A indústria de computadores praticamente nasceu nos Estados Unidos nos anos 1950 através de empresas inovadoras, de grande capacidade técnica, financeira e de *marketing*, que mantêm até hoje a liderança mundial no setor. Apesar da robustez do setor privado, a indústria de informática tem, até hoje, se beneficiado consideravelmente do apoio dado pelo governo americano.

Programas públicos no campo da defesa e a pesquisa aeroespacial contribuíram para o desenvolvimento da indústria de semicondutores, por exemplo, apoio consubstanciado pelos incentivos às atividades de P&D e pela formação de uma demanda que viabilizasse uma escala econômica de produção (TIGRE, 1985:53). Em resumo, as condições que deram, à indústria norte-americana, a vantagem nos anos iniciais da indústria internacional de computadores podem ser sumarizadas por:

Condições de demanda favoráveis, o suporte governamental à indústria e os avanços na tecnologia dos componentes eletrônicos semicondutores, associada à existência de filiais junto a seus principais mercados [...] (PIRAGIBE, 1985:31).

A indústria de *software*, como outras indústrias americanas de alta tecnologia do pós-guerra, contou com o apoio do setor militar para o desenvolvimento de aplicações, de pesquisa básica. Os transbordamentos diretos, i.e. as versões civis de um *software* desenvolvido inicialmente para aplicações militares, eram suplementados por avanços vindos do setor privado (STEINMUELLER, 1996:18).

O apoio governamental se fez concreto também através de incentivos fiscais às empresas e da política alfandegária, que fez com que um número de fabricantes americanos fosse capaz de competir em escala mundial e sobrepujar as vantagens potenciais de outros países, como o custo da mão-de-obra do mercado japonês (TIGRE, 1985:53).

Devido às rápidas mudanças nas tecnologias de hardware e *software* durante o pós-guerra, muito das políticas governamentais federais para a indústria de *software* foi canalizado para programas voltados à indústria de computadores como um todo. O computador é um dos exemplos mais significativos de uma classe de instrumentos que foram desenvolvidos na Universidade e tiveram aplicações industriais. Essa natureza instrumental do computador teve origem com as políticas governamentais para a inovação em *software* (LANGLOIS e MOWERY, 1996:54).

Neste sentido, o reconhecimento do papel chave da Universidade para a indústria de *software* e o apoio governamental para a adoção de servidores pelas Universidades foram instrumentos decisivos para a pesquisa e inovação em *software*. Ao contrário de seu papel estereotipado como realizadores de pesquisa básica, os pesquisadores universitários foram pioneiros no desenvolvimento de tecnologia computacional, ainda antes da indústria. Muitos dos esforços do governo federal no pós-guerra para desenvolver tecnologia computacional dependeram dos pesquisadores universitários (LANGLOIS e MOWERY, 1996:54).

1.3 A indústria de *software* em outros países de economia capitalista avançada

Diversos estudos (LANGLOIS e MOWERY, 1996; BRESNAHAN e MALERBA, 1997; MALERBA et al., 1999; STEINMUELLER, 1996; PIRAGIBE, 1985; TIGRE, 1985) apontam que a competição e a estrutura industrial do mercado internacional de tecnologia de

ponta não dependem apenas do mercado e das estratégias competitivas adotadas pelas empresas, mas também das instituições e políticas adotadas pelos respectivos governos nacionais.

Tendo isto em mente, o propósito desta seção é a identificação do leque de políticas públicas estabelecidas para o setor de informática em países de economia capitalista avançada - que englobam Estados Unidos, alguns países da Europa e Japão. Tal objeto envolve a caracterização do ambiente institucional em que essas políticas foram adotadas e de seus principais instrumentos em si.

Vale lembrar que o apoio estatal se fez presente desde os primórdios da indústria de computadores, através do apoio financeiro às universidades, em resposta às necessidades militares. A partir de meados da década de 1970, uma variedade de políticas públicas orientadas ao desenvolvimento da tecnologia da informação floresceu tanto nos países desenvolvidos quanto em desenvolvimento. É possível dizer que, a despeito das especificidades de estratégias, de modo geral, elas tiveram resultados similares, como a aceleração do processo de inovação, devido ao incremento na competição e o impulso ao processo de difusão de novas tecnologias (TIGRE, 1985:52).

1.3.1 A política européia e os campeões nacionais

A importância do setor de informática é reconhecida por diversos países da Europa. Alemanha, França, Inglaterra e França, em particular, têm feito esforços no sentido de desenvolver uma indústria eletrônica nacional. As políticas públicas dos países europeus se distinguem por algumas características peculiares, mas não similares, nos seus aspectos mais gerais, como a política de compras discriminatória, o suporte sistemático à P&D e programas financiados com fundos públicos (TIGRE, 1985:56).

No período inicial da indústria de informática, os contratos firmados para o desenvolvimento desses produtos na Europa foram esporádicos e de pouca expressão financeira. Nos anos 1960, entretanto, houve uma conscientização do hiato observado entre a Europa Ocidental e as potências hegemônicas, quais sejam, Estados Unidos e Rússia (PIRAGIBE, 1985: 65).

Durante os anos 1970, a indústria de informática manteve seu caráter internacionalizado, mas a predominância da IBM ainda limitava as atividades do setor. Assim,

a política industrial nos diversos países europeus concentrou-se no fortalecimento de algumas grandes empresas de computadores selecionadas, ou, os campeões nacionais:

Uma vez detectadas as empresas nacionais com estatura e capacidade de competição diante dos gigantes americanos, foi-lhes concedida uma ampla gama de incentivos de forma explicitamente discricionária, visando a favorecê-las na concorrência intercapitalista (PIRAGIBE, 1985:89).

Entre os campeões nacionais estão empresas de grande porte, como a Phillips holandesa, a Olivetti italiana e a Datassab sueca. Ao final da década, entretanto, confirmava-se o predomínio de empresas norte-americanas, lideradas pela IBM, nos mercados nacionais (PIRAGIBE, 1985:93). A dinâmica de concorrência é acentuada nos anos 1980 e marcada pelo desafio do capital japonês no mercado mundial e pelas tentativas de cooperação européias de fazer frente a este novo desafio e ao “desafio americano”.

O fraco desempenho europeu no segmento do *software* empacotado e sua especialização no segmento **customizado** estão relacionados à fraqueza da indústria computacional européia, à entrada inicial dos Estados Unidos no segmento do *software* empacotado, à fragmentação da demanda regional em mercados domésticos diferentes e à falta de interações extensivas entre Universidades e empresas (MALERBA e TORRISI, 1996:167).

A falta de uma indústria européia de hardware competitiva impediu o nascimento e desenvolvimento de produtores locais dos *softwares* de sistemas e empacotado. Os entrantes europeus neste segmento não puderam se beneficiar da interação com produtores de hardware comercialmente bem-sucedidos e tecnologicamente avançados. Analogamente, não conseguiram interagir com produtores de hardware americanos que operavam na fronteira tecnológica.

As firmas americanas de *software* empacotado e de sistemas, por sua vez, tais como a Microsoft e a Lotus, conseguiram apropriar-se de grande parcela de mercado e beneficiar-se das contínuas interações com os fabricantes de hardware altamente competitivos naquele país. Elas puderam, rapidamente, adequar seus produtos ao estado-da-arte da tecnologia (MALERBA e TORRISI, 1996:167).

As firmas européias, por contraste, focaram os mercados nacionais relativamente pequenos. As muitas diferenças históricas, culturais, lingüísticas, fiscais e legais do continente foram responsáveis por fragmentar o mercado europeu e reduzir as oportunidades de

economias de escala e escopo que são tão importantes para pacotes de *software* comercialmente bem-sucedidos. Estas características, pelo contrário, favoreceram o desenvolvimento de uma indústria européia composta de pequenas e médias empresas que ofereciam serviços e produtos de *software* customizados, integração de sistemas e revenda de *software*.

Ademais, com exceção parcial da Alemanha, a indústria de *software* européia possui um fraco relacionamento Universidade-Empresa, enquanto nos Estados Unidos, muitas firmas inovativas emergiram de programas de pesquisa universitários (MALERBA e TORRISI, 1996:167). A indústria de *software* regional européia é, em linhas gerais, pautada pela fraca proteção legal na maioria dos países. Somente recentemente alguns deles lançaram políticas voltadas para o *software*.

O Reino Unido é um caso de entrada inicial e declínio subsequente na indústria computacional. O país tem uma longa tradição científica em Ciência da Computação que remonta aos anos 1930 e que fora fortalecida pela aliança militar com os Estados Unidos durante a segunda Guerra. Durante este período, o matemático – britânico – Alan Turing trabalhou para o Ministério da Defesa na decodificação dos códigos secretos de comunicação alemães. Logo após, as Universidades deram contribuições consideráveis às pesquisas básicas e aplicadas em Ciências da Computação e no desenvolvimento dos primeiros computadores britânicos. Desde os anos 1980, no entanto, muitas de suas empresas têm sido compradas por firmas estrangeiras (MALERBA e TORRISI, 1996:168).

Na França, os primeiros passos da indústria computacional foram tomados por propósitos científicos e militares. O primeiro computador eletrônico francês foi desenvolvido para o Ministério das Armas. Ao contrário dos Estados Unidos, as Universidades francesas tiveram poucos programas de pesquisa. Diferentemente, a Alemanha acumulou competências científicas e *know-how* técnico significativos no campo da eletrônica, do magnetismo e das linguagens computacionais nos anos 1930 e 1940. Outros países europeus entraram na indústria computacional em pequena escala (MALERBA e TORRISI, 1996:169).

A indústria de *software* é, como visto, intensiva em trabalho, com destaque para a importância do conhecimento tácito incorporado no pessoal empregado e suas habilidades. Estas habilidades são, geralmente, muito especializadas e podem não ser apreendidas totalmente no sistema universitário. Neste sentido, um dos problemas europeus quanto ao treinamento deste pessoal é condicionado pela forte orientação do sistema de educação

superior em direção à ciência pura em relação à engenharia aplicada (MALERBA e TORRISI, 1996:175).

A oferta de pessoal com tais habilidades sofre a influência da estrutura diversa dos sistemas nacionais educacionais do continente. O sistema educacional alemão, por exemplo, por ser orientado à ciência aplicada e treinamento técnico, tem facilitado a oferta de engenheiros de sistemas, mas tem, por outro lado, dificultado a formação de profissionais com habilidades avançadas em gestão e *marketing* (MALERBA e TORRISI, 1996:175). As Universidades européias, de forma geral, são importantes na geração de novos conhecimentos básicos e aplicados, mas não no desenvolvimento de novos produtos em *software* e têm poucos relacionamentos diretos com a indústria de *software*.

1.3.2 Japão: o *software* como subproduto da eletrônica

As empresas japonesas são conhecidas mundialmente em setores que vão da automobilística e máquinas-ferramenta aos semicondutores e eletrônicos. Elas tornaram-se conhecidas pelos altos índices de produtividade e confiabilidade em atividades que envolviam manufatura e engenharia e pela sofisticação dos projetos (CUSUMANO, 1991:5).

A experiência japonesa em *software* teve início ao final da década de 1950, quando o país dependia largamente de importações nesse setor, em que predominavam as firmas norte-americanas. Desde este período, a indústria eletrônica no Japão é considerada chave para o crescimento da economia. As políticas governamentais para a eletrônica se expressaram através de quatro conjuntos principais de medidas de caráter contínuo:

- a) Na década de 1950, desenvolvimento de uma infra-estrutura institucional que logo substituiria a anterior. Foi criado o Bureau da Indústria de Informática e Máquinas, que, em conjunto com os novos Conselhos da Indústria de Máquinas Eletrônicas e de Processamento de Dados, agiria a pedido do Ministério da Indústria (MITI) para solucionar problemas técnicos e políticos;
- b) A partir de 1971, por iniciativa do MITI, foi fundado um segundo bloco de medidas, que visava reorganizar a estrutura da indústria;
- c) Em uma terceira etapa, o governo japonês passou a apoiar financeiramente as empresas e setores-alvo, através de compras preferenciais, alocação de créditos, incentivos para P&D e treinamento de engenheiros em processamento de informação;

d) Por último, o comércio e o investimento estrangeiro foram restringidos com a adoção de altas tarifas, quotas, requerimentos e práticas aduaneiras.

Este conjunto de medidas resultou no crescimento da indústria de informática local. É possível dizer que o suporte governamental, aliado aos mecanismos de coordenação política, foi indispensável para o sucesso dos setores de alta tecnologia e, diga-se, da indústria de informática no Japão. Importante saber que tais políticas caracterizaram-se não apenas pela seleção de tecnologias específicas, como também por sua continuidade (TIGRE, 1985:55).

A implementação das políticas industriais de proteção e fomento ao desenvolvimento de uma indústria nacional de computadores apoiou-se amplamente no MITI. Paralelamente, desenvolveu-se uma infra-estrutura institucional que envolveu a criação de órgãos consultivos que atuavam a pedido do MITI em questões técnicas e políticas.

Além disso, foram instituídos laboratórios especializados, como o Electro-Technical Laboratory (MITI), para realizar P&D e treinar recursos humanos especializados em eletrônica digital. Em 1958, foi formada a JEIDA (Japan Electronica Industry Development Association) tendo em vista coordenar a atuação da indústria, representá-las diante do poder público, realizar estudos de prospecção tecnológica e celebrar acordos de transferência de tecnologia.

A característica protecionista da intervenção estatal japonesa na indústria de informática amparou a expansão dos grupos nacionais, fortaleceu a competitividade das empresas locais de computadores e os “prepararam” para a concorrência norte-americana. Como explica Piragibe (1985:82):

O processo de aprendizado foi favorecido pela estratégia de cooperação entre as empresas em atividades de P&D, mas com independência para concorrer entre si no mercado de produtos finais, interna e externamente.

Este apoio consubstanciava-se no financiamento e incentivos fiscais às atividades de P&D das empresas e no treinamento de recursos humanos especializados. Além disto, o Estado incentivava a indústria nacional através de uma política sustentada de compras. À semelhança do ocorrido anteriormente com o setor de televisores, as empresas japonesas estabeleceram acordos de tecnologia com fabricantes americanos e europeus, a fim de colocar os computadores sob a base OEM nos respectivos mercados, evitando a concorrência direta com as firmas líderes (PIRAGIBE, 1985:87).

As primeiras casas de *software* japonesas foram estabelecidas durante a segunda metade dos anos 1960. A maioria dos programas de computador havia sido desenvolvida internamente pelos usuários ou ainda fornecida sem despesas pelos vendedores de computadores. A ampla adoção de computadores aumentou a demanda dos usuários por *software*, alavancando o estabelecimento de casas de *software* como empresas separadas. A maioria dos fundadores destas empresas era composta por engenheiros de sistemas encarregados do desenvolvimento de *software* no interior de empresas vendedoras ou usuárias de *software* (BABA et.al, 1996:105).

No fim dos anos 1970, um fator decisivo para a criação de relações estáveis entre usuários e produtores foi a participação ativa dos fabricantes de computadores japoneses no desenvolvimento de *software* para os usuários. Os primeiros enviavam seus engenheiros aos clientes. Uma vez que os usuários eram desprovidos de capacidades internas de desenvolvimento, os fabricantes empregavam cada vez mais engenheiros de sistemas e, em resposta à demanda, os enviavam para instituições separadas. Eles tornaram-se fabricantes independentes de *software* e muitos deles mantiveram suas afiliações com os fabricantes que os originaram (BABA et.al, 1996:116).

As medidas da década de 1970 foram beneficiadas pela grande expansão dos setores bancário nos anos e siderúrgico, que produziu um grande número de empresas fabricantes de *software* (BABA, et.al, 1996:106). A partir da década seguinte, a indústria de *software* passou a contar com várias formas de assistência do MITI, mas Baba et.al. (1996:122) ressaltam que muito dos projetos não foram efetivos, em parte, pela premissa da indústria japonesa de que a produção de *hardware*, por sua forte competitividade, fosse prioritária ao *software*.

É importante entender que as raízes da especialização japonesa, mais que delimitada pelos desenvolvimentos americanos, foi consoante aos recursos do país. Neste sentido, o Japão não possui contingentes significativos de mão-de-obra que o possibilite a contratação de grandes contratos internacionais ou o desenvolvimento de *software* pacote. Por isso, o desenvolvimento de *software* voltado ao mercado interno e baseado nos relacionamentos com usuários e vendedores de computador permanece predominante no país. No limite, a menor importância dada ao *software*, em razão da atribuição do valor comercial dos sistemas computacionais ao *hardware*, também fez com que o mercado de *software* pacote fosse limitado no Japão. O quadro 2 mostra um esforço de sumarização das atividades de *software* no Japão.

Quadro 2: O desenvolvimento de *software* no Japão e seus atores: a estrutura central

As atividades relacionadas ao desenvolvimento e à comercialização de *software* são apresentadas como inter-relacionadas por meio de uma estrutura central, conhecida como *Hub Structure*, que congrega todos os atores envolvidos com o desenvolvimento de *software* - usuários, vendedores de computador e empresas fabricantes de *software*.

Esta estrutura ilustra as interações por meio das quais o *software* é desenvolvido. Nela, os usuários ocupam o centro do modelo, funcionando como um componente de coordenação, sendo cercados pelas empresas de *software* propriamente ditas - que os utilizam, produzem e comercializam – e pelos vendedores de computador (BABA et.al, 1996:105). A figura 2 representa graficamente estas disposições.

Figura 2: A estrutura central do desenvolvimento de *software* no Japão

Fonte: Baba et al. (1996:106).

As casas de *software* podem ser classificadas em três grupos de acordo com o tipo de empresa: *empresas produtoras de software*, *empresas usuárias* e *vendedores de software independentes*. As empresas produtoras de *software* obtêm a maior parte de sua receita a partir de um vendedor de computador ou está sob o controle do mesmo. Vale notar que há relações que não se fazem, como por exemplo, os vendedores independentes de *software* e vendedores de computador (BABA et.al, 1996:106).

No Japão, as empresas de *software* respondem pela maior parcela de vendas. Já as atividades dos seis maiores vendedores de computador – Fujitsu, Toshiba, Hitachi, NEC, Mitsubishi Electric e IBM Japão – focalizam o desenvolvimento de *software* por encomenda para computadores servidores. Baba et.al. (1996:107) afirmam que o valor do *software* desenvolvido pelos usuários é de tamanha importância porque equivale às receitas das vendas externas do “produto”.

Os grupos que fazem parte da estrutura anelar estabeleceram um sistema de subcontratações a fim de desenvolver programas sob encomenda para servidores quando elas não têm capacidade própria de realizar determinada tarefa. As empresas usuárias – principalmente grandes empresas – auxiliam os fabricantes de informática e de *software* no desenvolvimento de *software* sob encomenda através da elucidação de especificações e requisitos para produtos complexos através do desenho da estrutura básica do *software*.

Um aspecto institucional a ser destacado relaciona-se às universidades. Ao contrário das americanas, que possuem departamentos de Ciências da Computação responsáveis por treinar engenheiros da área e conduzir pesquisa aplicada, no Japão, há poucos departamentos nas Universidades nacionais e eles são recentes, tendo sido estabelecidos nos anos 1980. A própria rigidez no modo de organização destas Universidades retardou a construção de novos cursos ou disciplinas acadêmicas. As aulas demonstravam teorias e técnicas de programação convencionais e menos sofisticadas relativamente às ministradas nos Estados Unidos (BABA et.al, 1996:120).

Uma transformação importante na indústria de *software* japonesa veio com as mudanças no setor de hardware, que refletiram a tendência de redução de tamanho dos computadores servidores e a introdução de *software* de sistemas operacionais mais independentes da plataforma (BABA et.al, 1996:117). O aumento da instabilidade e a redução das margens de lucro do setor de hardware fizeram com que os fabricantes de computador aumentassem e diversificassem suas atividades de *software*.

O fato é que, nos Estados Unidos, a indústria de *software* evoluiu em paralelo com as inovações em hardware. No Japão, ao contrário, os avanços no hardware forneceram menos ímpeto para a indústria de *software* (BABA et.al, 1996:123). Embora historicamente a indústria de *software* japonesa tenha se beneficiado de sua trajetória de desenvolvimento, ela deve enfrentar agora as mudanças no regime tecnológico e industrial e revisar suas estratégias competitivas.

Cusumano (1991:6) resume a situação da posição da japonesa a forças de sentido contrário. Segundo ele, alguns estudos continuam a mostrar que o Japão encontra dificuldades ao lidar com tarefas fortemente dependentes de criatividade e inovação, como são as atividades em *software*. BABA (et.al, 1996:125) ratificam esta posição através da estrutura central de desenvolvimento de *software*, que obstruiria o desenvolvimento de *software* do tipo empacotado e um mercado aberto.

Por outro lado, há estudos que mostram que as empresas japonesas seriam, sim, criativas e beneficiar-se-iam das competências construídas em programação, sobretudo, de grandes programas. O autor defende que as grandes manufatureiras japonesas como Fujitsu, NEC, Hitachi e Toshiba seriam comparáveis às semelhantes norte-americanas.

Não se pretendem esgotar as considerações acerca do posicionamento da indústria japonesa com relação à divisão internacional do trabalho no setor. O que se busca é, ao contrário, mostrar a diversidade de atores e atividades que caracterizam esta indústria. Neste sentido, não se pode empreender discussão alguma sem a consideração das diferentes classes que compõem as atividades de *software*, que, como em outras indústrias, possui múltiplos segmentos, cujas conseqüências sobre o posicionamento das empresas e as características de mercado divergem consideravelmente umas das outras (CUSUMANO, 1991:23).

No entanto, não se pode furtar a dizer que a indústria de *software* apresenta particularidades que lhe conferem um caráter único com relação ao modo de produção e inovação. Neste sentido, o próximo capítulo é dedicado a mostrar as especificidades e heterogeneidades da indústria, a fim de que se possam enriquecer as análises acerca da divisão internacional do trabalho no setor.

1.4 Considerações parciais

A mudança tecnológica, citada pela velocidade com que acontece na indústria de *software* (MALERBA e ORSENIGO, 1997:83), mostrou-se representada pelas mudanças de projeto dos computadores ao longo das dimensões de preço e desempenho, geradas pela aplicação das competências específicas da firma – entendidas como um conjunto de recursos produtivos – às diferentes trajetórias tecnológicas por quais passaram. Quando os transistores, e mais tarde, os microprocessadores foram concebidos, as firmas tiveram de aprender a projetar computadores factíveis utilizando esses novos componentes.

As firmas gradualmente desenvolveram competências no uso das novas tecnologias como resultado dos investimentos em P&D que fizeram e a experiência que acumularam para atender diferentes tipos de usuários e às condições do ambiente institucional que acompanhou cada contexto tecnológico e de mercado. A natureza cumulativa e específica dos processos de aprendizado e desenvolvimento de competências nos leva a pensar que elas não são inteiramente transferíveis, fato do qual decorre que o modelo norte-americano não pode nem deve ser replicado.

A experiência acumulada em determinadas tecnologias - como a do transistor – não foi, sozinha, responsável pela hegemonia dos ianques. A resposta às janelas de oportunidade que se abriram no ambiente institucional mundial é que determinou que eles não fossem desalojados do mercado em que dominavam. Disto decorre a confirmação da hipótese inicial de que a trajetória tecnológica e institucional da indústria de *software* internacional observa a liderança econômica e tecnológica dos Estados Unidos, a despeito das descontinuidades tecnológicas observadas.

As observações relatadas no estudo nos permitem afirmar, ainda, que os processos co-evolucionários entre tecnologias, estrutura de mercado, instituições e formação de competências foram diferentes em cada região e tiveram um modelo apropriado de firma e oferta, moldados pelos fatores institucionais e competitivos particulares, em cada um deles, caracterizando trajetórias plurais de desenvolvimento.

Semelhante pluralidade no que tange à diversidade de atores – com destaque para as universidades - infra-estrutura institucional – no qual se insere o leque de políticas públicas – e de mercados, mostrou-se determinante dos distintos segmentos da indústria em que concentraram seus esforços Europa e Japão. A experiência européia, consubstanciada no fortalecimento do segmento de *software* customizado, revela que, muitas vezes, a resposta ao “desafio americano” reside na busca pela reafirmação das competências específicas a sua trajetória histórica e que, principalmente, age como elemento transformador do desenvolvimento, em detrimento do mero comparecimento nas contas nacionais.

A experiência japonesa mostra, entretanto, que tais competências são dinâmicas e devem ser objeto de reavaliação freqüente. Por um tempo, a indústria de *software* se beneficiou da supervalorização conferida ao setor de *hardware*, mas pecou no segmento do *software* pacote. O que se aprende, com todas estas experiências, é que os produtos que engendram são resultado também de estratégias específicas às empresas e, em maior grau, aos próprios países, representados por escolhas na direção da busca no espaço das capacitações, pelos mecanismos de seleção dos mercados e também pelas oportunidades tecnológicas nascentes. A adoção de uma nova tecnologia leva tempo, dinheiro e um composto incerto e restrito à “caixa-preta” de cada país.

CAPÍTULO 2: A DINÂMICA PRODUTIVA E INOVATIVA DO SOFTWARE: A NATUREZA ESPECÍFICA E HETEROGÊNEA DO “PRODUTO” E DA INDÚSTRIA

A mercadoria é, antes de tudo, um objeto externo, uma coisa, a qual pelas suas propriedades satisfaz necessidades humanas de qualquer espécie. A natureza dessas necessidades, se elas se originam do estômago ou da fantasia, não altera nada na coisa. Aqui também não se trata de como a coisa satisfaz a necessidade humana, se imediatamente, como meio de subsistência, isto é, objeto de consumo, ou se indiretamente, como meio de produção.
(Karl Marx, *O Capital*, 1872, Vol.1, Cap.1,p.45)

O *software* é um dos recursos ou insumos dos sistemas de informação. Para os objetivos do trabalho, ele representa uma expressão de referências a um conjunto lógico de instruções responsáveis por governar um equipamento informatizado e processar informações (ROSELINO, 1998:5). Em outras palavras, o desenvolvimento de *software* é materialização de um conhecimento em mídia eletrônica que permite reproduzi-lo por meio de processos de execução de comandos.

Por sua natureza imaterial, lógica ao invés de física, o “produto” *software*, seu processo de produção e a indústria subjacente assumem características únicas que exigem da análise de organização industrial elementos adicionais que permitam lograr uma compreensão sólida de suas forças motrizes. Uma das particularidades mais claras que a imaterialidade do *software* produz é que ele pode apresentar-se ao mercado na forma de um serviço intangível, a despeito da possibilidade de ser vendido em prateleiras na forma de “pacote”. Sua análise precisa levar em consideração, portanto, que *software* é:

...ao mesmo tempo, objeto e instrumento. Certamente não é aplicável, de forma direta, a abordagem da economia convencional baseada em valor de troca, que precisa da escassez para se manter elevado. Uma vez elaborado, em sentido amplo, um determinado *software* pode ser compartilhado sem que os elaboradores percam alguma coisa – além a oportunidade de extrair vantagem econômica do licenciamento e cessão do mesmo (MARTINS, 2004:13).

É necessário, portanto, a toda análise que almeja compreender aspectos da composição desta indústria tão peculiar, partir do entendimento do significado e da natureza específica do *software*. Assim, este capítulo congrega esforços no sentido de atingir esta compreensão. Em uma primeira etapa, são apresentados os fenômenos e características que o caráter específico do *software* estabelece para a dinâmica competitiva e inovativa desta indústria.

Em um segundo momento, apresentam-se as formas de apresentação e categorias de classificação decorrentes de sua natureza heterogênea. Esta compreensão justifica-se porque o tipo de *software* produzido desdobra-se sobre o mercado que atende e as competências que mobiliza e é, portanto, fundamental para a análise do último capítulo, que discorre sobre a experiência brasileira. O caráter heterogêneo do *software* compreende um conjunto de atividades que contêm profundas diferenças com relação ao conteúdo tecnológico, qualificação da mão-de-obra, dinâmica industrial, estrutura de custos, entre outros.

2.1 O caráter específico do *software*

O *software* é um dos muitos bens de informação das economias modernas. Como todos os outros - livros e músicas, por exemplo - ele é uma criação da mente humana, um bem não rival, cujo custo de reprodução aproxima-se de zero. Neste contexto, o caráter manufatureiro do *software* advém do fato de que ele é desenhado e escrito por um conjunto de indivíduos, geralmente graduados em *software* com treinamento em ciências da computação.

Sua característica não rival implica que o “consumo” destes programas não impede seu consumo por parte de outra pessoa. A facilidade de reprodução, por sua vez, é comparada à adição de capítulos em um livro: de forma análoga aos conteúdos dos livros, os contornos de um programa de *software* podem ser mudados e reproduzidos rapidamente (EVANS et al., 2006:46).

No entanto, o *software* tem características que o diferenciam dos outros produtos manufaturados tradicionais. Sua característica primeira é a imaterialidade. Isso implica que os programas de *software* não sejam bem definidos como um calçado, por exemplo. Não são sequer componentes como os *chips* destinados aos computadores, por exemplo. Bem exposto por Evans et al. (2006:3), eles são “uma tecnologia baseada em linguagem escrita que pode ser dividida em uma ampla gama de indústrias com uma multiplicidade de propósitos”.

Como explica Roselino (2006:6), “sua ‘função de produção’ não envolve o emprego de matérias-primas consumíveis ao longo de seu ciclo produtivo”. Ainda, ele difere dos outros bens imateriais como os bens artísticos, porque não é apenas um bem destinado ao consumidor final, ele é também um insumo tecnológico prestador de serviços para outras indústrias, tema central de análise deste trabalho.

Ele é essencialmente formado por um conjunto sistematizado de informações, corporificado em uma sequência de comandos lógicos, e seu processo

de produção envolve um processo de codificação e síntese de conhecimento socialmente gerado (ROSELINO, 2006:7).

Esta natureza imaterial faz com que o próprio processo de produção de *software* seja diferente dos bens manufaturados tradicionais, por envolver a sistematização de um conjunto de informações e conhecimentos tácitos em conhecimento socialmente codificado, muitas vezes, de natureza lógica, e não física. Esta imaterialidade se desdobra, por exemplo, no fato de que o *software* não sofre desgaste nem depreciação física. Quando se desgastam, os componentes do equipamento são trocados por outros. No caso do *software*, não há peças de reposição; toda falha é considerada um erro do projeto (ROSELINO, 2006:8; PRESSMAN, 2001:13).

A princípio, as características desta indústria parecem até mesmo paradoxais. Por exemplo, a indústria de *software* é tida como de alta tecnologia, como uma das mais modernas do atual paradigma técnico-econômico. No entanto, seu desenvolvimento depende fortemente de recursos humanos quase artesanais, uma vez que ele é desenhado, escrito e depurado quase que totalmente por seres humanos. Mesmo o *software* vendido em forma de pacote envolve, para a concepção da primeira unidade, os conhecimentos tácitos dos recursos humanos (EVANS et al., 2006:3; ROSELINO, 2006:8).

A natureza imaterial do software ainda lhe confere outra especificidade: a criação de novos “produtos” acontece paralelamente à coexistência entre atores estabelecidos e as novas firmas empreendedoras, o que exige que qualquer análise de organização industrial seja cuidadosa e que leve em consideração tais particularidades.

Apesar disto, empresas líderes, i.e, que se posicionaram primeiro no mercado (*first movers*) conseguem reforçar sua posição dada a instituição de barreiras à entrada de novas firmas, o que significa uma vantagem sobre elas, mesmo sendo monopolistas/oligopolistas (MOWERY, 1996:11). Além disso, a existência de retornos positivos pode consolidar a posição de liderança de determinados padrões. Isso acontece porque a vantagem inicial de *first mover* “tende a se intensificar, na medida em que a empresa expande o número de usuários de seu produto e na medida em que incrementa o programa em versões sucessivas, agregando funções e características mais complexas, dificilmente imitáveis por seguidores” (ROSELINO, 2006:11).

Mesmo ao compará-lo com outros produtos intensivos em tecnologia do complexo eletrônico, notam-se diferenças. Assim como nesses outros setores, os ganhos de escala

representam um elemento importante na diluição dos custos fixos de desenvolvimento. Mas, ao contrário deles, a indústria de *software* apresenta custos marginais próximos de zero, uma vez que o custo de cópia é extremamente reduzido.

Os custos irreversíveis (*sunk costs*) de desenvolvimento originam-se, principalmente, da aquisição de equipamentos e tecnologia, da contratação de mão-de-obra especializada e da fundação das instalações necessárias ao desenvolvimento da primeira cópia. Uma vez vendidas cópias suficientes para cobrir os custos de desenvolvimento, pode-se compará-lo a uma “máquina de dinheiro”, pois cada cópia gera mais receita que custos. Os custos mais significativos são, portanto, aqueles de concepção e desenvolvimento, que não podem ser recuperados uma vez que a primeira cópia é feita (MOWERY, 1996:9; EVANS et al., 2006:5; PRESSMAN, 2001:13; VIEIRA, 2005:66).

No que tange ao desempenho tecnológico das firmas, as competências tecnológicas acumuladas pelos profissionais das empresas são decisivas – principalmente para as tarefas desempenhadas na fase de engenharia de *software* – uma vez que o setor é intensivo em trabalho qualificado. As atividades envolvem, em maior ou menor grau, um conjunto de capacitações tácitas, aprendidas através do *learning by doing*, o que as torna um valioso ativo incorporado nos recursos humanos das empresas (ATHREYE, 2005:8; PONDÉ, 1993:30).

Questões como qual a forma mais eficaz de divisão do trabalho, qual o alcance das soluções automatizadas, como mensurar e avaliar a qualidade das tarefas desenvolvidas, qual a melhor maneira de integrar as diversas etapas do processo, em suma, dilemas que na grande maioria dos setores industriais já encontraram soluções em “paradigmas” razoavelmente estabelecidos, ainda estão em estágio inicial de definição na produção de *software* (PONDÉ, 1993:30).

Por isso, é necessário entender que o *software*, por sua natureza imaterial, apresenta características que o diferem dos outros bens manufaturados tradicionais, mesmo do complexo eletrônico, e até dos outros bens imateriais como da indústria cultural. Tais especificidades produzem características únicas quanto ao processo produtivo, dinâmica competitiva e estruturas de mercado para o setor de *software* e exigem, portanto, uma abordagem diferenciada. A seguir, são apresentados os principais elementos constituintes da caracterização econômica da indústria de *software*.

2.1.1 Plataformas tecnológicas e mercados bilaterais

A dinâmica tecnológica do *software* está inserida, parcialmente, na indústria de computadores, que está organizada em torno de plataformas. O *software*, como tal, responde a este mecanismo. Um exemplo é o *software* aplicativo, que precisa levar em conta as características do sistema operacional e do equipamento onde irá operar (DUARTE, 2003:45).

Uma plataforma de *software* é um conjunto de programas, ou seja, de códigos e símbolos escritos que se situa entre o *hardware* e a aplicação de *software*, em uma espécie de hierarquia de “camadas” que compõem o “trajeto” entre a intangibilidade do último e a materialidade do primeiro. Sua função é disponibilizar alguns serviços para outros programas de *software*, através de programas mediadores ou interfaces de programação de aplicativos (APIs).

Estes códigos “dizem”, traduzindo o comando dado por um indivíduo em linguagem de máquina, o que fazer aos microprocessadores e aos outros componentes do *hardware*. Evans et al. (2006:33) explicam que as plataformas são, geralmente, sistemas operacionais. Algumas das mais populares, que ilustram, inclusive, as diversas maneiras de construírem-nas são o Windows, o Unix e o Linux.

São elas que possibilitam que o computador realize cálculos ou que o iPod toque músicas, por exemplo. Por esta razão, outra forma de entendê-las é 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” (DIEGUES, 2007:47).

Um aspecto crítico na análise das plataformas de *software* concerne à abertura ou não de sua arquitetura, tendo em vista o advento do *software* livre. Uma plataforma aberta possibilita que qualquer indivíduo com conhecimento técnico pode obter acesso aos serviços oferecidos pelo *software*. A arquitetura fechada restringe seu uso aqueles que possuem permissão para tal.

O desenvolvimento do *software* livre segue o processo “produtivo” convencional, passando pela definição da arquitetura e codificação. O diferencial do processo é a publicidade do código, que faz com que possam existir contribuições externas para somente então prosseguir às fases de depuração e testes. Neste contexto, os usuários podem desempenhar também a função de desenvolvedores.

Após admitir contribuições de programadores do mundo todo, o projeto segue seu próprio caminho dependendo de sua popularidade entre os usuários. O sistema Linux é um

exemplo deste processo; ele está organizado como uma coleção de módulos que podem ser modificados independentemente dos outros e de modo que novos módulos possam ser adicionados ao sistema (EVANS et al., 2006:38).

Neste contexto, é preciso levar em consideração que a própria relação do *software* com o *hardware* é simbiótica, já que nenhum dos dois pode desempenhar seu papel na ausência do outro. Este fato ajuda a explicar uma das características da inovação em *software*, qual seja a queda do preço paralelamente ao aumento do poder de processamento, já que a utilização de microprocessadores, por exemplo, permite a economia de escala por envolver transistores em um *chip* minúsculo (EVANS et al., 2006:8).

Conforme retratado na análise histórica do capítulo anterior, a indústria de computadores cresceu rapidamente como resultado destas tendências de custo e tecnologia. O vídeo-game é um destes exemplos, porque foi a primeira mercadoria de massa fundamentada em microprocessadores e que não assumia a forma de um computador tradicional (EVANS et al., 2006:9).

Outro desdobramento da compreensão da indústria de *software* através do conceito de plataforma parte da consideração de que ela faz parte dos chamados “mercados bilaterais”, ou seja, mercados que servem usuários e desenvolvedores simultaneamente e em que seu valor depende da satisfação das necessidades e interesses de ambos.

2.1.2 Externalidades de rede, modularização e padrões dominantes

O desdobramento da condição de que os componentes de *software* se organizam em plataformas está relacionado à percepção de sistema, i.e, de que seus elementos se valorizam de acordo com o conjunto do sistema. Adicionar outro componente ao sistema geralmente aumenta o valor dos outros componentes (EVANS et al., 2006:47). Ou seja, “quanto maior 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 maior valor à plataforma” (DIEGUES, 2007:49). Em outras palavras,

Os padrões afetam o desenvolvimento desta indústria. A interoperabilidade, ou seja, a habilidade dos programas operarem juntos e trocarem informações, é importante para muitos usuários de *software*. Como resultado, as escolhas dos consumidores entre os produtos de *software* concorrentes são influenciadas por um número de outros usuários, uma clássica externalidade de rede. Uma vez que o *first mover* é estabelecido, estas externalidades podem reforçar o seu domínio sobre uma aplicação particular (MOWERY, 1996:10).

Por isto se diz que a maioria das plataformas de *software* experimenta os *feedbacks* positivos, ou efeitos de rede, entre as aplicações e os usuários, uma vez que mais aplicações atraem mais usuários e vice-versa. O efeito de rede, também conhecido como economia de escala do lado da demanda, ocorre quando o valor de consumo de um determinado bem/serviço aumenta com o número de usuários de serviços compatíveis. Seu efeito é, portanto, o aumento da quantidade demandada de uma mercadoria em decorrência do aumento da quantidade adquirida por outros consumidores (MOWERY, 1996:10; VIEIRA, 2005:83).

Em muitos casos os componentes apresentam os efeitos de rede **diretos**, i.e, um aumento no número de usuários de uma aplicação faz com que ela adquira maior valor perante os usuários, porque podem trabalhar e trocar informações mais facilmente. Em outros casos, eles exibem efeitos de rede **indiretos**, ou seja, o aumento no número de usuários de um componente geralmente transforma aquele componente de maior valor em um complemento para os outros componentes.

Pode-se dizer que os efeitos de rede surgem naturalmente na indústria de *software*, pela possibilidade de combinação de arquivos ou pela troca de informações entre usuários do mesmo produto. É importante lembrar que, pelo fato de que grande parte da indústria de tecnologia da informação ser formada de produtos complementares entre si, as inter-relações e, portanto, os efeitos de rede são facilitados. No entanto, há que se ter em mente que as externalidades podem não assumir sempre aspecto positivo. Vieira (2005:86) apresenta o exemplo de um *software* de alta qualidade sendo afetado negativamente por serviços de assistência técnica de baixa qualidade.

Fundamental para entender as possibilidades de combinação de arquivos e, por consequência, a constituição de efeitos de rede na indústria de *software*, é compreender o fato de que ela se organiza de forma **modularizada**. No período inicial do desenvolvimento da computação, os programas possuíam centenas de linhas de código, o que exigia diversos indivíduos trabalhando em paralelo. Esta configuração, por sua vez, originava alguns problemas potenciais, uma vez que mudanças em partes de um grande programa poderiam ter consequências sobre o modo com que as outras partes operavam. A modularização do desenho do *software* representou uma solução para esta questão e sua idéia básica é

... mover-se da especificação do que um novo programa deve fazer para a especificação de uma *arquitetura* que descreve todo o programa como um conjunto de módulos, que especifica a função que cada módulo deve desempenhar e que especifica as interfaces que os unem. Em um programa que lida com folha de pagamento, por exemplo, a um módulo pode ser atribuída a tarefa de calcular a contribuição de cada empregado à Previdência Social em função da legislação, dos salários correntes e das contribuições passadas – todos eles fornecidos por outros módulos (EVANS et al., 2006:23).

O estabelecimento de uma arquitetura modularizada consiste, portanto, na sua fragmentação em vários módulos, que combinados de formas diferentes, podem originar novos *softwares*. A principal implicação da organização da indústria em torno de processos de modularização para a dinâmica competitiva do *software* é o fato de que as inovações materializam-se, em grande parte, através da combinação de novas rotinas que conferem novas funcionalidades aos produtos existentes (DUARTE, 2003:47).

Fica claro que esta maneira de organização oferece algumas vantagens, dentre as quais a possibilidade da melhoria de um programa sem a modificação de outras partes do programa como um todo, ou seja, ela permite o **reuso** dos componentes que o conformam. Por outro lado, há algumas desvantagens no que diz respeito à coordenação e inovação destes módulos. Uma vez que a especificação em detalhes de uma arquitetura de *software* é uma tarefa complexa, há eventos imprevistos entre eles que exigem sua interdependência. Ainda, Evans et al. (2006:24) defendem que tal complexidade pode dificultar a inovação no programa como um todo.

Uma das considerações fundamentais com relação aos efeitos que as externalidades de rede em indústrias modularizadas exercem sobre a plataforma concerne à sua consolidação. Isto porque o valor de uma plataforma depende diretamente do número de usuários. Uma vez que esta base tenha ultrapassado o nível crítico mínimo, os efeitos dos processos de aprendizado são potencializados e, por consequência, “os custos de migração para plataformas que ofereçam funcionalidades similares torna-se muito alto” (DIEGUES, 2007:50).

Da mesma forma, os efeitos de rede constituem fator fundamental para a compreensão do estabelecimento de posições monopolistas *de facto* em alguns segmentos. Roselino (1998:20) cita o exemplo da Microsoft, cujo domínio foi solidificado não como resultado de uma normatização estabelecida formalmente, mas como resultado da adoção progressiva de padrões.

Esta reflexão remonta ao fato de que, historicamente, são observados fenômenos de trancamento (*lock-in*) a **padrões** (MOWERY, 1996:11). Isso revela o caráter dependente da

trajetória (*path-dependent*) da adoção de plataformas tecnológicas, especialmente, de *software*. No entanto, nada assegura que um padrão tecnológico mais avançado esteja automaticamente destinado ao sucesso e vice-versa (ROSELINO, 1998:20; DIEGUES, 2007:51; VIEIRA, 2005:73; DUARTE, 2003:48). O exemplo clássico deste fenômeno é o padrão de teclados QWERTY, cuja denominação aponta para a disposição física das teclas.

Embora não fosse considerado o teclado mais eficiente, o QWERTY foi adotado como padrão até os dias atuais e revela a força do fenômeno de trancamento a uma trajetória determinada no setor de tecnologia de informação. Além dos custos de mudança, a permanência prolongada em uma plataforma e a estabilidade que ela carrega implicam a desvalorização mais lenta de seus produtos. Por estas razões se percebe que a imposição de padrões tecnológicos no setor de *software* está relacionada aos efeitos de rede e trancamento que uma trajetória engendra.

Neste contexto, observando as características dependentes da trajetória e de efeitos de rede que determinam a dinâmica industrial das indústrias caracterizadas por plataformas e segundo a abordagem de sistemas de inovação (setoriais e nacionais), pode-se afirmar que o conhecimento tecnológico faz parte de um processo de aprendizado interativo que envolve a distribuição de capacidades distintas entre agentes econômicos que se relacionam de alguma forma. Freire e Brisolla (2005:100) estendem o argumento:

As capacidades de inovação e aprendizado encontram-se intimamente atreladas às estruturas social, institucional e produtiva de cada nação/região, sendo que a história é considerada como uma fonte importante de tal diversidade.

Por esta razão o trabalho buscou, no capítulo anterior, compreender, historicamente, as especificidades que caracterizaram a trajetória tecnológica do *software*, principalmente cotejando seu desenvolvimento em países distintos que permitem comprovar a divisão do trabalho nesta indústria acontece de forma específica e hierarquizada, setorial e internacionalmente, aspecto fundamental para dar início à análise da posição brasileira neste filão.

2.1.3 Os retornos crescentes de escala

É a partir da compreensão dos retornos positivos que trazem as externalidades de rede que se pode notar a importância do “momento de entrada” das empresas para o setor de

software. A posição de liderança é determinante no desenvolvimento de uma nova plataforma tecnológica, uma vez que estabelece barreiras à entrada e impõe custos de mudança, mesmo tal plataforma não sendo a mais eficiente em termos tecnológicos, dado o caráter dependente da trajetória deste processo de desenvolvimento. O peso do *timing* é reconhecido por Diegues (2007:51):

O líder 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.

Os desdobramentos desta característica são a busca pelo controle das plataformas e a difusão de capacitações tecnológicas entre os fornecedores de produtos complementares, tendo em vista os riscos e custos de saída derivados do estabelecimento de um padrão tecnológico. A escolha dos padrões é uma variável estratégica e que influencia a estrutura da indústria e a própria evolução tecnológica da plataforma (VIEIRA, 2005:73).

Por outro lado, há que observar que o controle sobre o padrão de uma plataforma não garante à empresa sua liderança perpétua, uma vez que a evolução tecnológica das plataformas tem por premissa um estado latente de competição, em que há o risco de que o aprendizado dos fornecedores complementares é capaz de torná-los aptos a contestar posteriormente esta liderança. Este fator revela a importância da busca pela inovação constante no setor de *software*, cujo efeito, a construção de barreiras à entrada, é capaz de “proteger” a posição de vanguarda das empresas líderes, *vis-à-vis* a expansão das fornecedoras complementares.

2.1.4 O caráter transversal do software

A indústria de *software* tem recebido atenção crescente por parte das mais diversas publicações da área de negócios. Sua importância, contudo, não está restrita ao caráter econômico. Mais que isso, ela reside na imersão da microeletrônica nas demais indústrias, um papel crucial aventado pelo desenvolvimento das tecnologias de informação do atual paradigma técnico-econômico, que deslocou a geração de valor das arquiteturas de *hardware* para os serviços intensivos em conhecimento.

Ou seja, o *software* configura-se, cada vez mais, através daquilo que se denomina seu caráter transversal, como parte integrante de diversas cadeias, como elo modernizante, transformador, que multiplica as possibilidades de produtividade e inovação (SCHWARE, 1992:143; FREIRE e BRISOLLA, 2005:103; GOMES e ROSELINO, 2000:4). Isso equivale a dizer que o *software* “atravessa” as mais diversas cadeias produtivas – e por isso o caráter transversal – em diferentes etapas, quantidades e extensões, como ilustra a figura 2:

Figura 3: A transversalidade do *software*

Fonte: Adaptado de Gomes e Roselino (2000).

Primeiramente, é necessário entender que o *software* é um produto facilitador de interações, e não apenas um programa de computador restrito à sua indústria. Dessa forma, as empresas de *software* não se restringem apenas à fabricação de um bem final, mas contribui com soluções para empresas de outros setores de atividade econômica, estimulando sua capacidade inovadora e sua competitividade. Pode-se dizer, portanto, que a indústria de *software* presta serviços a outras indústrias e seu desenvolvimento requer a criação de **competências** que viabilizem esta possibilidade (FREIRE e BRISOLLA, 2005:103).

Assim sendo, o software deve ser entendido também como um insumo tecnológico para outros setores, um bem intermediário central na economia digital, cujo papel é análogo àquele cumprido pelo setor de bens de capital nas economias de base metal-mecânica. A importância deste fenômeno é destacada pela literatura:

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. A produção e as atividades cotidianas renovam-se com a aplicação desse insumo tecnológico fundamental, definindo o caráter essencial da atividade de software, bem como o seu papel potencialmente transformador em diversas aplicações (ROSELINO, 2006:24).

As telecomunicações são o exemplo clássico de um setor em que o *software* tornou-se parte essencial da atividade. Grande parte do valor das centrais telefônicas digitais está associado à presença do *software*. Ainda, outros segmentos que demonstram a crescente presença e importância do *software* são o da automação industrial e bancária, em que o aumento das funções programáveis tem permitido avanços reconhecidos mundialmente. Tomando como exemplo o segmento das telecomunicações, Freire e Brisolla (2005:103) afirmam:

É difícil imaginar hoje em segmentos como o caso das telecomunicações, o *software* como um agente dissociado do processo total. Por exemplo, parte significativa do valor das centrais telefônicas está associada ao *software* embarcado, ou seja, o *software* representa parte essencial da atividade como um todo.

O uso de tecnologia da informação, da qual o *software* é participante destacado, tornou-se imprescindível para que as empresas, notadamente no Brasil, consigam ganhos de produtividade e eficiência e redução de custos, tendo em vista a difusão da automatização dos equipamentos. Assim, as empresas brasileiras viram-se face a uma demanda crescente pela automatização de processos provenientes de outros setores econômicos, tanto de alta tecnologia quanto setores tradicionais como a construção civil (FREIRE e BRISOLLA, 2005:104).

De particular importância para este argumento é o *software* do tipo embarcado, cuja análise decorrerá na próxima seção. Este tipo de *software* está imerso em virtualmente todo equipamento de base eletrônica que disponha de microprocessadores. Esta universalidade de sua aplicação é que confere maior grau de interação e o caráter multiplicador do investimento em toda a extensão dos setores de atividade econômica. Mais ainda, grande parte deste tipo de *software*, no Brasil, é produzido localmente.

E, apesar da existência da indústria de *software* propriamente dita, isto é, voltada especificamente para o desenvolvimento e comercialização do “produto”, grande parte das atividades de desenvolvimento de *software* – principalmente do tipo embarcado – permanece sendo realizada fora desta indústria. Em empresas de equipamentos, por exemplo, isso

acontece porque elas buscam produzir elas mesmas as soluções das quais têm necessidade. Em outro exemplo, as empresas de serviços de consultoria o fazem em seus próprios departamentos de processamento de dados (ROSELINO, 2006:26; GOMES e ROSELINO, 2000:8).

A análise do número de trabalhadores relacionados a atividades de *software* confirma esta afirmação. No ano de 2008, havia cerca de 90 mil indivíduos envolvidos no trabalho com *software* na indústria de *software*⁷, ante aproximadamente 370 mil trabalhadores envolvidos em algum tipo de trabalho com *software* fora de sua indústria. Para todas as classes de trabalhadores, como mostra a tabela 2, os profissionais fora da indústria de *software* superam os que trabalham no próprio setor em no mínimo três vezes. O importante a notar é que esta discrepância é menos acentuada nas atividades que envolvem o estrito desenvolvimento de *software* e, portanto, exigem profissionais qualificados e dedicados ao trabalho na área, como os analistas de sistemas e engenheiros de computação⁸.

Tabela 2: Número de trabalhadores relacionados à atividade de *software* dentro e fora deste setor, Brasil, 2008

Família Ocupacional	Indústria de <i>software</i> (1)	Não <i>software</i> (2)	(2/1)
Gerentes de tecnologia da informação	3.569	13.682	4,8
Engenheiros em computação	895	2.134	3,4
Administradores de tecnologia da informação	2.486	10.338	5,2
Analistas de tecnologia da informação	56.164	123.369	3,2
Técnicos de desenvolvimento de sistemas e aplicações	13.765	76.643	6,6
Técnicos em operação e monitoração de computadores	11.430	55.811	5,9
Total	88.309	281.977	4,2

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Relação Anual de Informações Sociais – RAIS/MTE- 2008.

⁷ Foram selecionadas, aqui, as principais famílias ocupacionais relacionadas à atividade de *software*. Ficam de fora desta seleção outros profissionais alocados na indústria de *software*, como aqueles relacionados às atividades de secretariado, tesouraria, entre outros. A seleção representa 45% do total de trabalhadores desta indústria.

⁸ À medida que se migra para atividades de gerência e manutenção das atividades de tecnologia da informação (TI), percebe-se o aumento do hiato entre trabalhadores locados na indústria de *software* e “não-*software*”. Este argumento é coerente, uma vez que é esperado um maior número de gerentes e técnicos de TI em outros setores de atividade econômica comparativamente à indústria de *software* em sentido estrito. Para um trabalho extenso sobre as atividades de *software* fora deste setor (a chamada dimensão secundária da indústria), ver: DIEGUES, (2010). *Atividades de Software no Brasil: Dinâmica Concorrencial, Política Industrial e Desenvolvimento*. Tese de doutoramento, Instituto de Economia, Unicamp/SP.

2.1.5 O processo de “produção” do *software*

A primeira idéia que há que se ter quando se trata de processo de produção do *software* é que ele envolve a transformação das exigências de um usuário em código executável em máquina. É isto que envolve a produção de *software*. No entanto, sua natureza peculiar impede a precisão de seu processo produtivo. Diferentemente das atividades manufatureiras tradicionais, em que as atividades são identificáveis como uma sequência linear e unidirecional de processos, o *software* é produzido segundo “processos incrementais, nos quais etapas posteriores exigem o retorno aos processos iniciais em uma dinâmica retro-alimentada” (ROSELINO, 2006:28).

A despeito das dificuldades de aglutinação das fases de desenvolvimento de *software* em um processo único, pode-se dizer que todo processo de produção de *software* segue um caminho genérico que tem início na conversão das exigências do usuário em um projeto, que é convertido em uma forma de linguagem de programação que especifica a estrutura de dados, os atributos e requisitos que terá o novo *software*. Por fim, a linguagem é processada por uma espécie de “tradutor” que a converte em instruções capazes de serem lidas pela máquina (PRESSMAN, 2001:17).

Mais formalmente, pode-se dizer que todo *software* desenvolve-se açambarcando quatro etapas, quais sejam as fases de análise e *design* - que compreendem a atividade de engenharia de *software* – codificação e testes. É importante entender, no entanto, que este processo é bem mais complexo que esta simplificação didática e possui descontinuidades e iteratividades que escapam a esta forma de visualização.

A possibilidade da reusabilidade, por exemplo, é uma das evidências de que o modelo não é rígido e que nem sempre segue esta rota unidirecional. “Como qualquer aproximação, ela é insuficiente para abranger com rigor as etapas produtivas de toda a gama de atividades envolvidas pela indústria de *software*” (ROSELINO, 2006:29).

A despeito das complexidades que cerceiam o processo de desenvolvimento de *software*, a perspectiva simplificada apresentada é útil e importante na medida em que esclarece a composição e hierarquia de atividades que compõem o processo e produz um padrão no qual os procedimentos de análise, projeto (*design*), codificação e testes podem ser colocados. O paradigma clássico do ciclo de vida do *software* requer então, como explica Pressman (2001:32), uma abordagem sistemática, sequencial ao desenvolvimento de *software*

e que segue as quatro etapas gerais por que passam os processos de desenvolvimento de *software*, conforme ilustra a figura 4:

Figura 4: O processo produtivo clássico do *software*

Fonte: Roselino (2006a).

O desafio intelectual que suscita a natureza lógica do *software* para seu desenvolvimento é a necessidade de pessoas qualificadas a esta tarefa. Por isso se diz que ela é de modo geral, uma atividade intensiva em qualificação, embora envolva diferentes tipos de competências e conhecimentos (PRESSMAN, 2001:24). Observa-se que, para cada etapa do processo, são exigidas capacitações distintas porque o conteúdo tecnológico varia entre elas, sendo uma função decrescente à medida que se migra das etapas mais altas da cadeia de valor até as mais baixas.

É útil notar que a densidade tecnológica das atividades de desenvolvimento de *software* diminui à medida que se deslocam as atividades do início para o fim do processo. Isso equivale a dizer que o *continuum* de tarefas que parte das atividades de concepção e se completam nas atividades de produção apresenta capacidade cada vez menor de agregar valor ao *software* (DIEGUES, 2007:93; DIEGUES, 2003:60).

Neste sentido, a fragmentação do processo nas quatro etapas acima se torna útil também na medida em que possibilita uma análise da divisão do trabalho baseada nos tipos diversos de qualificação exigidos para cada fase, uma vez que a etapa inicial de engenharia de *software* requer níveis maiores de instrução, enquanto as fases de codificação e testes são relativamente menos intensivos em qualificações e mais em trabalho, tidas como rotineiras. Esta característica reforça a exigência e a co-existência entre diferentes tipos de conhecimento - tácito e codificado - e diversos níveis de qualificação paralelamente às segmentações do processo geral.

Pois bem, o processo produtivo do *software* tem início com a definição de sua arquitetura, fator que determina as restrições e os esforços que terão de ser empreendidos.

Geralmente, o trabalho é desenvolvido em equipe de programadores que realizam complexos cálculos matemáticos (EVANS et al., 2006:36). Esta fase consiste, basicamente, em estabelecer e usar “sólidos princípios de engenharia para que se possa obter economicamente um *software* que seja confiável e que funcione eficientemente em máquinas reais” (PRESSMAN, 2001:31). Esta fase é responsável pela concepção do *software*, enquanto as posteriores dão cabo da “produção” do *software* propriamente dita, ou seja, a geração de linhas de código e exigem um trabalho rotineiro, de qualificação técnica.

A engenharia de *software* compreende, em linhas gerais, três elementos fundamentais: métodos, ferramentas e procedimentos. Os métodos proporcionarão os detalhes de “como fazer” o aplicativo. As ferramentas dão apoio aos métodos e os procedimentos possibilitam seu desenvolvimento efetivo. Seus primeiros estágios envolvem, portanto, as funções mais críticas do desenvolvimento: a fase de análise dos requisitos, suas funcionalidades e o *design*, atividades que envolvem maior conteúdo tecnológico e capacitação, não apenas formal, do indivíduo, além da estrita interação usuário-“produtor” (PRESSMAN, 2001:31; ROSELINO, 2006:31; DUARTE, 2003:48).

A fase de análise dos requisitos do novo *software* é responsável pela definição e especificação das funcionalidades do *software* a partir de um conjunto dado de objetivos. Nesta etapa são definidas as funções que exercerá e as soluções que fornecerá. Na fase de *design*, há que serem criadas as instruções lógicas que executarão as funcionalidades do *software*, estabelecidas na etapa anterior. É a fase de concepção, propriamente dita. Mais ainda, por habilitar as funções do *software*, ela deve estabelecer regras de interface que condicionam suas possibilidades de conexão com as plataformas de *hardware* e *software* (PRESSMAN, 2001:32; DIEGUES, 2007:92; ROSELINO, 2006:31).

O caráter estratégico das funções de análise e *design* se dá em função de serem responsáveis pela definição e construção do *software* e, por isso, alicerçar o estabelecimento de estruturas modularizadas. Além disso, por serem as etapas mais complexas e de maior conteúdo tecnológico, são as atividades em que as possibilidades de inovações são mais robustas. O tom criativo deste trabalho evidencia a importância de suas atividades, por dar corpo aos elos hierarquicamente superiores do processo de produção do *software*.

A etapa de codificação, ou programação, a despeito dos progressos nos métodos de desenvolvimento de *software*, permanece fortemente vinculada à disponibilidade de recursos humanos, particularmente, de grande volume de trabalhadores, e é mais parecida com as

atividades de produção. Por não envolver um trabalho de conteúdo intelectual, é tida como um trabalho mais rotineiro, normalmente realizado por programadores, que dominam a técnica da geração de códigos e os conhecimentos genéricos de informática e que não precisam, necessariamente, pensar as funcionalidades do *software* como um todo.

De forma semelhante, a fase de testes consiste em verificar, de forma repetitiva, o funcionamento dos códigos e do conjunto do *software*. Ou seja, o trabalho humano é indispensável nestas etapas do processo produtivo do *software*, de forma que o aumento da produtividade nesta etapa depende exclusivamente do acréscimo de trabalhadores (ROSELINO, 2006:33).

Pode-se dizer que a fragmentação em etapas do processo de desenvolvimento de *software* desdobra-se em tarefas, qualificações, ocupações, conteúdo tecnológico e valores diferenciados em cada uma delas. Quanto à divisão do trabalho que produz esta segmentação, nota-se uma separação entre as funções de concepção, que envolvem as atividades de análise e *design*, intensivas em conhecimento tácito e geralmente realizadas por profissionais qualificados (analistas de sistemas e engenheiros de *software*) e de outro lado, as funções de execução, que aglutinam as fases de programação e testes, em que o conhecimento técnico está codificado e concentrado nos programadores (ROSELINO, 2006:94).

É verdade que a tarefa de definição e completa demarcação entre as etapas da “produção” de *software* é um exercício complexo, agravado pelo fato de que por vezes, o *software* nem chega a se materializar em forma de produto. Neste sentido, Baba et.al. (1996:107) avançam na representação e compreensão da divisão do trabalho em *software* através de um esquema pensado no âmbito da indústria japonesa e em que os usuários funcionam como eixo de coordenação de uma teia complexa de relações, desempenhadas por quatro grupos principais, que permeiam o ciclo de desenvolvimento de *software* (figura 5).

Segundo esta argumentação, as empresas de *software* podem ser classificadas em cinco classes: as **produtoras** de *software*, as **vendedoras** independentes e as empresas **usuárias** de *software*. Em outra extremidade, estarão localizadas as empresas de **computadores**, por estarem envolvidas, também, com o projeto⁹ do *software*. Por fim, as

⁹ Ressalte-se que elas podem estar envolvidas também com a própria produção do *software*, como no caso de produtos de *software* embarcado e customizado, voltados para servidores ou outros equipamentos de base microeletrônica e que têm uma relação muito próxima com as mídias nas quais estão inseridas. Muito da atividade de *software* é desenvolvida fora de sua indústria específica e os produtores de equipamentos têm um papel nesta tendência, uma vez que visam obter um software compatível com seus produtos.

chamadas **integradoras** de sistemas seriam um tipo crescente de empresa responsável por realizar todo o processo de desenvolvimento de *software*, objetivando o apoio ao cliente desde as etapas de especificação à manutenção, graças à experiência acumulada nas tecnologias de *hardware* e *software*.

Em linhas gerais, as empresas usuárias de *software*, geralmente grandes empresas, auxiliariam os vendedores de computador e os vendedores de *software* no desenvolvimento de *software* customizado através da elucidação das especificações e requisitos dos produtos, geralmente através do desenho da estrutura básica. Mas, **em geral**, as tarefas que lhes cabem seriam as chamadas *low-end*, ou seja, a produção dos códigos do sistema, os testes e a manutenção (BABA et al., 1996:114). E, como parece mais intuitivo, as firmas vendedoras de *software* obteriam a maior parte de sua receita com a venda de seus produtos diretamente ao usuário. Por fim, novas empresas, as chamadas integradoras de sistemas, teriam lugar neste mercado se responsabilizando pelo desenvolvimento de todas as etapas da produção de *software*.

Figura 5: A divisão do trabalho no processo e na cadeia produtiva do *software*

Fonte: Baba et al. (1996:107).

Nesta teia de relações, as linhas sublinhadas significam subcontractações. Assim, os usuários, por exemplo, poderiam dar verdadeiras contribuições ao processo de engenharia de *software*, isto é, as etapas iniciais do processo, mas não teriam a capacidade de realizar sua produção propriamente dita. Dessa forma, os autores entendem que eles subcontractam os serviços de outros atores, como de uma empresa produtora ou usuária de *software*. É preciso alertar, por fim, que as atividades de tecnologia da informação, e *software*, de modo geral, têm sofrido significativas alterações com respeito à hierarquia de atores e tarefas ao longo do tempo, de forma que não se pode tomar esta representação como rígida e estática.

2.1.6 Forças centrípetas e centrífugas: uma síntese dos determinantes da estrutura de mercado na indústria de software

Os aspectos estudados até agora permitem verificar que algumas características do software, como externalidades de rede, retornos crescentes e padrões dominantes conduzem à concentração das estruturas industriais, permitindo o estabelecimento de posições monopolistas de facto, entendidas no sentido de Schumpeter¹⁰, ou seja, tornadas possíveis através da obtenção de vantagens competitivas, por meio de inovações, que garantem ao produtor o domínio da maior parte do referido mercado. O exemplo da Microsoft ilustra o argumento.

Por isso se pode dizer que o monopolista/oligopolista da indústria de software não realiza uma atividade de baixo dinamismo tecnológico. Ao contrário, ele deve ter um comportamento altamente inovador até como forma de proteção da propriedade intelectual associada ao padrão e sua posição dominantes (ROSELINO, 2006:18). O curioso é que a mesma velocidade do fenômeno da destruição criativa que impõe a necessidade de inovação ao monopolista confere, ao mesmo tempo, a permanente possibilidade de novos entrantes.

Estas possibilidades são abertas constantemente em diversos dos segmentos da indústria, na medida em que se despertam novos espaços para a atuação de empresas ou nichos diferentes que podem ser explorados através da recombinação permanente de módulos de software. “A expansão de aplicação de software em áreas ainda inexploradas permite a entrada de novas empresas. Estas entrantes são muitas vezes pequenas empresas formadas por jovens criativos com um produto inovador” (GOMES e ROSELINO, 2000:6).

¹⁰ SCHUMPETER, J. (1939). **Business Cycles. Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process**. McGraw-Hill Book Company, 461p.

Por isto, uma das características mais destacadas da indústria de software é a convivência entre fragmentação e concentração, ou seja, a tendência de convergência a padrões dominantes e a concentração de mercado coexiste com as elevadas oportunidades de entrada – adensadas pelo ritmo de desenvolvimento tecnológico. Ou seja, este dinamismo, ao mesmo tempo em que permite a entrada de firmas inovadoras, que exploram a variedade de oportunidades tecnológicas, também tornam as condições de apropriabilidade dependentes da contínua introdução de inovações por parte de firmas que constroem competências (FREIRE e BRISOLLA, 2005:120; ROSELINO, 2006:128; GOMES e ROSELINO, 2000:6; DUARTE, 2003:46).

A dinâmica competitiva do setor de software apresenta determinantes múltiplos, por vezes até opostos. Por exemplo, é possível caracterizar a indústria como uma atividade de intenso dinamismo tecnológico que abre oportunidades para a atuação de novas empresas ao mesmo tempo em que constitui monopólios temporários que concentram as maiores fatias de mercado nas mãos de poucas delas. A explicação para estas disposições quase contraditórias residem nos elementos específicos à natureza peculiar do software, vistos nas subseções anteriores, que determinam a competitividade da indústria.

A conjunção de sua natureza não-material e sua reprodução a baixos custos, com as externalidades de rede associadas à imposição de padrões que geram retornos crescentes explica as estruturas fortemente concentradas. O alto dinamismo tecnológico é responsável por “ameaçar” as barreiras à entrada originárias das vantagens competitivas constituídas pelos monopolistas e os custos de saída erigidos pelos padrões dominantes.

Em vista disso, a dinâmica da indústria de software pode ser compreendida como resultado destas duas forças coexistentes, apesar de contrárias. Conforme explicado por Roselino (2006:21), a tendência centrípeta é resultado da reunião dos fatores que impulsionam o mercado aos padrões dominantes e à concentração. Sua força oposta, a contra-tendência centrífuga decorre dos processos dos desenvolvimentos carregados pelo processo de mudança tecnológica e que abrem possibilidades a novos entrantes.

A estrutura de software conforma um mercado de competição monopolística, o que confere aos produtores algum grau de poder de mercado que os permite colocar em prática suas estratégias de discriminação de preços, onde “os produtos são diferenciados em pontos que forcem a substituição de todos os bens rivais imperfeitos, semelhantes no uso e nas finalidades, mas diferentes nos aspectos que refletem as preferências do consumidor”

(VIEIRA, 2005:77). Sua dinâmica pode ser entendida, então, através da observação da interação entre as forças centrípetas e centrífugas, de acordo com suas intensidades relativas e os elementos que as determinam, que se articulam e conformam estruturas de mercado específicas a cada segmento de software (ROSELINO, 2006a:21; PONDÉ, 1993:1), conforme ilustrado pela figura 6:

Figura 6: Forças centrípetas e centrífugas na dinâmica industrial do *software*

Fonte: Roselino (2006a:21).

Nota-se que as intensidades que caracterizam estas duas forças determinantes da dinâmica industrial do setor de *software* são reflexos das propriedades econômicas específicas e intrínsecas à natureza imaterial do “produto” *software*, dentre elas as externalidades de rede, o dinamismo tecnológico e a capacidade de geração de retornos crescentes.

Estas duas forças são dinâmicas, ou seja, na medida em que se observa uma maior intensidade da estabilidade tecnológica, das externalidades de rede e dos ganhos de escala, verifica-se a predominância da força centrípeta. Por outro lado, quanto menores a intensidade tecnológica, externalidades de rede e ganhos de escala, maior é a intensidade da contra-tendência centrífuga, ou seja, de desconcentração da indústria (DIEGUES, 2007:101). Assim,

O grau de concentração dos mercados em cada segmento depende da importância relativa dos fatores determinantes das tendências centrífuga e centrípeta, bem como das características específicas de cada segmento. De modo geral sugere-se que a tendência centrípeta, em direção à convergência a

padrões dominantes e concentração das estruturas de mercado, é predominante nos segmentos em que são mais intensas as vantagens das empresas já estabelecidas a partir de retornos crescentes de escala, externalidades de rede e estabilidade tecnológica e inovativa. Por outro lado, sugere-se o predomínio da contra-tendência centrífuga nos segmentos em que se verificam menores possibilidades de retornos crescentes de escala, importância reduzida das externalidades de rede e menor estabilidade dos padrões tecnológicos dominantes (ROSELINO, 2006:22).

Como mostra a argumentação acima, a intensidade tecnológica é um dos principais determinantes da dinâmica do setor. Mais que isso, a indústria de *software* é freqüentemente caracterizada pela alta velocidade de introdução de inovações técnicas e pelo contínuo desenvolvimento de produtos (principalmente apoiados na capacidade criativa e intelectual da mão-de-obra) o que torna compulsória a análise do papel da introdução e difusão de inovações a qualquer estudo acerca da dinâmica da indústria de *software* (ROSELINO, 2006:16). Sobre isso trata a subseção a seguir.

2.1.7 A natureza da inovação na indústria de *software*

Parte significativa da indústria de *software* é caracterizada por um intenso dinamismo tecnológico, com ciclos de vida fortemente reduzidos e sujeitos à permanente volatilidade tecnológica potencial. Esta característica, derivada em grande parte da constante penetração das tecnologias de informação e comunicação nos diversos setores econômicos que abre continuamente novas **oportunidades tecnológicas**, impinge a necessidade da correta delimitação das noções de inovação e pesquisa e desenvolvimento a qualquer estudo acerca do padrão inovativo do setor.

Em linhas gerais, inovação refere-se à introdução comercial de um novo produto, serviço ou processo. “Em um sentido essencial, inovação refere-se à busca, descoberta, experimentação, desenvolvimento, imitação e adoção de novos processos de produção e novas configurações organizacionais” (DOSI, 1988:251). Em *software*, inovação pode ser vista como um processo de:

- a) Desenvolvimento de uma nova funcionalidade em um produto ou processo de *software* e/ou
- b) Introdução de um novo produto/serviço ou melhoria de um já existente; 3) Entrada ou criação de um novo mercado.

É preciso atentar para o fato de que **inovação em *software* engloba elementos além da P&D**. Pode-se dizer que um projeto de *software* é considerado P&D se contribuir para a resolução de uma incerteza científica e tecnológica, o que resulta em um aumento de conhecimento, mesmo que o projeto não tenha sido completado. Isso significa dizer que a P&D em *software* é inextricavelmente dependente de um avanço científico ou tecnológico. Dessa forma, a aplicação de um programa já existente para novos propósitos (como é o caso das atividades de localização da Irlanda) não pode ser considerada um avanço neste sentido.

A OCDE (2010:32) sumariza a natureza do processo de inovação no setor de *software* nos seguintes pontos principais (quadro 3):

- Inovação muitas vezes não é capturada pelas dificuldades estatísticas;
- Evidências disponíveis apontam para alto grau de dinamismo do setor;
- Os modelos de negócios interagem com os processos de inovação no setor;
- A inovação em *software* é intensiva em capital humano;
- Os elementos do regime tecnológico são importantes para o processo de inovação em *software*.

Quadro 3: Inovação e P&D em *software*: definições

O que é P&D em *software*:

Identificar as fronteiras da P&D nas atividades de serviço, de forma geral, é difícil, porque, primeiramente, é difícil identificar projetos que envolvem P&D e segundo porque a linha entre a P&D e outras atividades inovativas que não são P&D é tênue. Em muitos casos, a P&D, na indústria de serviços, está incorporada no *software* que não é inovador do ponto de vista técnico, mas inovador em virtude das funções que desempenha. Outra “dificuldade” está relacionada ao fato de que a P&D, nas empresas que prestam serviço, não está organizada tão formalmente como nas empresas manufatureiras (com um departamento para isso). O conceito de P&D em serviços é menos específico e às vezes está “irreconhecível” na empresa envolvida. À medida que mais experiências em P&D em serviços tornam-se disponíveis, o critério para sua identificação e seus exemplos requerem novos desenvolvimentos (OECD, 2002:49).

Em resumo, para um projeto de *software* ser considerado P&D, segundo o Manual Frascati, sua conclusão precisa ser dependente de um **avanço científico ou tecnológico** e o objetivo do projeto precisa ser uma **resolução sistemática de uma incerteza** científica ou tecnológica e pode ou não estar associada ao *software* como produto final. Isso porque seu desenvolvimento é parte integral de muitos projetos que não têm elementos de P&D.

Assim, podem-se assumir dois corolários desta definição: i) Uma **adição/melhora** em um programa existente pode ser classificada como P&D se incorporar avanços científicos/tecnológicos que resultam em

aumento de conhecimento. Mas deve se ter atenção para o fato de que o uso do *software* para uma **aplicação ou propósito** novos não constitui, por ele mesmo, um avanço e ii) Por definição, um avanço científico/tecnológico em *software* pode ser alcançado mesmo se **um projeto não foi completado**, porque mesmo uma falha pode aumentar o conhecimento da tecnologia de “por mostrar, por exemplo, que uma abordagem em particular não será bem sucedida” (OECD, 2002:46). São exemplos de P&D em *software*:

- P&D que produz novos teoremas e algoritmos no campo da ciência da computação teórica;
- Desenvolvimento de tecnologia de informação nos sistemas operacionais, linguagens de programação, *software* de comunicação e ferramentas de desenvolvimento;
- Desenvolvimento de tecnologia de Internet;
- Pesquisa de métodos de *design*, desenvolvimento, organização ou manutenção de *software*;
- Desenvolvimento de *software* que produz avanços em aplicações genéricas para capturar, transmitir, armazenar, recuperar, manipular informações;
- Desenvolvimento experimental que objetiva preencher lacunas de conhecimento tecnológico necessário para desenvolver um programa/sistema de *software*;
- P&D em ferramentas ou tecnologia de *software* em áreas especializadas da computação (processamento de imagem, apresentação de dados geográficos, reconhecimento de caractere ou inteligência artificial).

O que NÃO é P&D em *software*:

O manual oferece exemplos de atividades relacionadas a *software* de uma natureza **rotinizada** que não envolvem avanços científicos/tecnológicos ou a solução de incertezas tecnológicas e não podem ser incluídas em P&D. Exemplos do que não é P&D em *software* são:

- *Software* de aplicação de negócios e desenvolvimento de sistemas de informação que utilizam métodos conhecidos e ferramentas existentes;
- Apoio para sistemas existentes;
- Conversão ou tradução de linguagens de computador;
- Adição de funcionalidades do usuário para programas de aplicação;
- Depuração ou testes de sistemas;
- Adaptação de *software* existente;
- Preparação de documentação do usuário.

Na área de *software* de sistemas, por exemplo, projetos individuais podem às vezes não ser considerados P&D, mas a sua agregação em um projeto maior pode qualificar por inclusão. Por exemplo, mudanças na estrutura do arquivo ou interfaces com o usuário em um processador de linguagem de programação de alto nível podem ser feitas através da introdução de tecnologias relacionadas. Neste caso, mudanças individuais podem não ser consideradas P&D se vistas por si só, mas o projeto inteiro de modificação pode resultar na resolução de incertezas científicas/tecnológicas e então, ser classificadas como P&D.

Na esteira das especificidades do setor, a inovação na indústria de *software* também guarda aspectos peculiares, como o fato de ocorrer em um espaço imaterial, o que a torna tecnicamente distinta de outras disciplinas industriais como engenharia mecânica ou elétrica. Enquanto outros setores estão sujeitos a inúmeras restrições físicas, o *software* só está limitado pelo *hardware* em que ele está inserido.

Outra segmentação de inovação na indústria de *software*, à qual correspondem diferentes formas de inserção externa e de apropriação do valor resultante do processo inovativos, é particularmente útil para os interesses do trabalho (DIEGUES, 2010:112). Segundo esta abordagem, a inovação nesta indústria pode ser classificada em quatro tipos, que seguem:

- a) Incremental: permite melhora no desempenho e na redução do custo de produção, mas a arquitetura, o *design* e as técnicas de desenvolvimento de produto são as mesmas. As capacitações para estas melhorias não são muito complexas e exigem esforços de pesquisa não muito significativos. Exemplos: melhoria de interface gráfica, reutilização de linhas de código;
- b) Inovação modular: introdução de um novo módulo em um sistema que guarda as mesmas características de arquitetura e *design*. Da mesma forma que o anterior, os demais componentes e técnicas utilizadas para a produção do produto/serviço também não sofrem modificações. Este é o **principal instrumento do avanço tecnológico nas atividades de software**. Aqui, já são necessárias capacitações desde as mais simples até as mais sofisticadas. São exemplos a constante introdução de funcionalidades no sistema operacional Windows e a incorporação do i-Tunes ao sistema operacional MAC-OS;
- c) Inovação arquitetural: utilizam componentes tecnológicos existentes, mas modificam o modo como os componentes são desenhados para funcionarem conjuntamente. O esforço inovativos consiste, aqui, em redesenhar a maneira por meio da qual os componentes e módulos são combinados entre si para formar um novo sistema. A elaboração deste tipo de inovação exige o domínio de capacitações complexas de engenharia e *design* de alto nível e são

fundamentais para a criação de assimetrias competitivas. Exemplo: evolução do sistema operacional Windows 3.11 para o Windows 95;

- d) Inovação radical: Utilização de novos componentes e módulos tecnológicos. Ocorrem simultaneamente a mudanças na arquitetura do *software*. Em geral, é rara porque está associada a rupturas nos processos de evolução tecnológica de diversos ativos complementares. Exemplo: migração do sistema operacional MS-DOS para o Windows 3.11, que envolveu reestruturação completa na interface gráfica do *software*, na interação entre os aplicativos e o sistema operacional e na capacidade de processamento dos computadores e qualidade dos monitores.

Em resumo, por esse ambiente irrestrito de oportunidades tecnológicas que permeia o setor, o processo de desenvolvimento de *software* pode ser inovador em um número de dimensões técnicas. É por isso que, freqüentemente, a inovação neste setor requer a consideração simultânea de características como funcionalidade, confiabilidade, reusabilidade e portabilidade (OCDE, 2010:56). A compreensão detalhada desta dinâmica é mais bem elucidada através da análise dos diversos segmentos que compõem o setor de *software* e as características que carregam, apresentadas na próxima subseção.

2.2 O caráter heterogêneo do *software*: categorias e formas de apresentação

A percepção de que a indústria de *software* é composta por segmentos heterogêneos ajuda a qualificar melhor a experiência dos diversos países abarcados neste trabalho e sua posição na divisão internacional no setor, pois, para entender a oportunidade que o *software* lhes aventa, é preciso examinar o que a “produção” de seus segmentos significa. Esta classificação é especialmente útil para a compreensão das experiências interacionais apresentadas no capítulo 3 e para o retrato da indústria brasileira de *software* apresentada no capítulo 4.

A indústria de *software* está ramificada em diversos segmentos heterogêneos, que guardam conseqüências sobre a **estrutura** das indústrias baseadas em programas de computador e para a **dinâmica** da competição entre essas indústrias (EVANS, et al., 2006:18; DIEGUES, 2007:101; FRICK e NUNES, 1996:34). Por isso, faz-se necessário observar os diferentes segmentos em que se divide a indústria de *software* e as diferentes características

que acarretam. É útil observar características mais técnicas, mas principalmente, seus desdobramentos sobre a organização econômica, produtiva e competitiva.

A classificação de um *software* pode privilegiar diferentes segmentações seguindo vários critérios. Pode-se classificá-lo pelo tipo de plataforma de hardware para a qual ele foi desenvolvido, pela plataforma de *software* (sistema operacional), pela linguagem utilizada em sua elaboração, ou ainda, pelo tipo de aplicação (ROSELINO, 1998:7). Esta fragmentação pode privilegiar aspectos mais técnicos ou econômicos do *software*. Para os propósitos do trabalho, interessa-nos o último, i.e, observar os padrões segundo a forma de entrada no mercado e tipo de mercado no qual se insere.

Quadro 4: Uma representação estilizada do “caminho” do *hardware* ao *software*

As classificações de *software* são úteis para o entendimento da especialização de empresas e países e, por consequência, sua dinâmica competitiva. No entanto, há que ressaltar que estas categorias apresentam **complementaridades** e mais que isto, que suas **fronteiras** nem sempre podem ser definidas de forma precisa. É o caso das APIs (*Application Programming Interfaces*), que atuam na interface entre um aplicativo (por exemplo, Ms Word) e o sistema operacional (e.g. Windows). Uma API é definida como um conjunto de rotinas e funções, acessíveis somente por programação, e que permitem que o usuário comunique instruções à máquina.

Mais recentemente, seu uso tem se generalizado na forma de *plug-ins*, acessórios que complementam a funcionalidade de um programa. Um dos exemplos recentes é o *Google Maps*, que pode ser utilizado em diversos outros sítios e páginas da Internet, adaptando-o da maneira mais conveniente. Assim, ao acessar uma página de guia de restaurantes, por exemplo, é possível visualizar sua localização através de um mapa fornecido pela *Google Maps*, tarefa tornada possível através da API.

Assim, pode-se dizer que o funcionamento de um *software* envolve um conjunto de outros programas e dispositivos complementares (e muitas vezes sobrepostos) que envolvem um verdadeiro “caminho” que vai do equipamento físico (*hardware puro*) à interface com o usuário (*software puro*). Por esta razão se diz que a arquitetura típica de um computador pode ser representada como uma série de “camadas”: *hardware*, *firmware*, *assembler*, *kernel* e sistema operacional e aplicações (figura 8).

(Continuação)

Figura 8: O “caminho em camadas” do *hardware* ao *software*

Fonte: Adaptado de Tanenbaum (2007:280).

Em Ciências da Computação, uma camada de abstração é uma generalização de um modelo ou algoritmo, um conceito simplificado ou mesmo uma metáfora de situações reais. E frequentemente estas camadas podem ser compostas em uma hierarquia de camadas organizada em vários módulos estruturados em espécies de “camadas” que trabalham juntas para implementar um sistema operacional. Nesta organização, cada módulo tem alguma função particular e uma interface bem definida com os outros módulos.

Segundo esta linha teórica, na parte de baixo está uma fina camada de abstração de *hardware*. Sua tarefa é apresentar ao restante do sistema dispositivos abstratos de *hardware* “despidos de adendos e idiossincrasias com os quais o *hardware* é tão ricamente dotado” (TANENBAUM, 2007:280). Acima desta camada, estão os dispositivos e o núcleo do *software*. Ambos têm acesso ao *hardware* quando necessário.

Os dispositivos devem prover acesso a estruturas de dados do núcleo, tarefa que pode ser feita através da criptografia de dados, por exemplo. Por sua vez, o núcleo (*kernel*) suporta as funções básicas do sistema operacional, execução, interrupção, exceção, escalonamento do processo, gerenciamento de tempo, entre outras. A finalidade desta camada é tornar o restante do sistema operacional independente do *hardware* e, por isso, de alta portabilidade (TANENBAUM, 2007:280).

Acima do núcleo e dos dispositivos está a parte superior do sistema operacional. Ela é independente da arquitetura do computador e pode ser transportada para novas máquinas com um esforço relativamente pequeno. É verdade que a camada dos sistemas operacionais também são formadas por uma hierarquia de subcamadas responsáveis por realizar a interface com o usuário. Uma delas, chamada de interface gráfica de aplicativo, por exemplo, manipula o gerenciamento de imagem para monitor e impressoras.

A consideração das formas de classificação do *software* ilumina um entendimento mais amplo das especificidades da indústria, suas divisões e subdivisões e formas de

classificação que cada uma delas engendra no que tange às estruturas de mercado e processos de desenvolvimento. Sua compreensão é o ponto de partida para melhor entender a formação das trajetórias de desenvolvimento desta atividade em diferentes países. Passemos então à análise desta questão.

2.2.1 Quanto à forma de comercialização

Em linhas gerais, a indústria de *software* pode ser dividida em dois grandes grupos, que constituem a forma como os produtos chegam ao mercado, ou seja, sob a forma de produto ou serviço (FRICK e NUNES, 1996:34). No entanto, mesmo esta divisão pode apresentar subdivisões. Os serviços podem ser agrupados segundo atividades de baixo ou alto valor agregado. Já os produtos de *software* podem ser customizáveis, embarcado ou em forma de pacotes.

2.2.1.1 *Software* produto

O *software* produto apresenta-se de forma padronizada, que chega ao mercado já elaborado, totalmente desenvolvido e é desenvolvido para aplicações já determinadas que não demandam, portanto, a interação direta entre o desenvolvedor e o usuário e seus conhecimentos na determinação das características do programa (ROSELINO, 1998:7; VIEIRA, 2005:10). É neste segmento que se encontram os *softwares* aplicativos, sistemas operacionais, processadores de texto, planilhas eletrônicas, linguagens de programação e ferramentas de aplicação, por exemplo (MOWERY, 1996:169).

O *software* do tipo pacote, especificamente, por se apresentar como um produto acabado – totalmente desenvolvido - pode apresentar certa tangibilidade, apesar de manter sua característica não-material inerente. Pelo fato de geralmente se encontrar em uma embalagem, feito os produtos manufaturados tradicionais, ficou conhecido como *software* de prateleira. A natureza padronizada do *software* do tipo pacote permite, portanto, atender um vasto conjunto de consumidores e permite a economia de escala por diluir os altos custos de desenvolvimento na quantidade de cópias vendidas, cujo custo aproxima-se de zero (ROSELINO, 1998:9; VIEIRA, 2005: 10).

Mas, a despeito desta característica, é importante explicar que ele pode ser desenvolvido tanto para aplicações gerais quanto específicas, o que lhe confere certo grau de flexibilidade (ROSELINO, 1998:9). Em outras palavras, o *software* pacote pode se

especializar também no atendimento de necessidades particulares de um grande número de usuários. Isto equivale a dizer que o *software* pode ser específico a determinado segmento sem, no entanto, incorporar conhecimentos de um consumidor individual, garantindo um mercado suficientemente amplo para a viabilização da sua produção na forma de pacotes.

Um exemplo disto é o caso dos processadores de texto, produzidos para desempenhar funções em um número de setores. No caso de aplicações específicas, ele pode ser desenvolvido para determinados setores com funções particulares, como controle de estoque, gestão de escritórios de advocacia e consultórios médicos (ROSELINO, 1998:8).

Torna-se claro, portanto, que para este tipo de *software*, a fase de concepção do processo produtivo fica sob o comando da empresa desenvolvedora, e sua interação com os potenciais demandantes é menor. Mas, não se pode negligenciar a importância das etapas de análise e *design*, uma vez que a arbitragem do usuário é fundamental em um mercado que oferece soluções prontas (DIEGUES, 2007:109).

As barreiras à entrada neste segmento são advindas da necessidade do domínio de capacitações em engenharia de *software* e dos custos de concepção do produto, que envolvem altos montantes de investimento irreversível. Isso faz com que predominem as forças centrípetas no segmento. Ainda mais tendo em vista a presença das externalidades de rede que surgem com a criação de padrões dominantes. A força centrífuga pode se fazer presente, porém em menor intensidade, uma vez que o único fator capaz de impulsioná-la é a inovação radical que diminua a influência da plataforma dominante.

Há que ressaltar a possibilidade, dentre o conjunto dos pacotes, a possibilidade de adaptação. Isso significa que, a partir de um núcleo comum padronizado, as empresas podem adicionar funcionalidades e módulos específicos de acordo com as exigências do demandante (DIEGUES, 2007:107). Este tipo de programa é conhecido como ***produto de software customizado***, em que algumas características do *software* pacote se mantêm (uma vez que grande parte de seus módulos é lançada antes do lançamento do mercado e que oferece soluções padronizadas), mas novos módulos ou funcionalidades podem ser adicionadas ao núcleo do programa.

É o caso da maioria dos ERPs, cujo núcleo do programa pode ser adaptado para atender vários setores de atividade econômica. Este tipo de *software* busca atender necessidades particulares de um grande número de usuários, exigindo, portanto,

conhecimentos e capacitações que permitam o desenvolvimento de produtos que incorporem funções específicas àquele grupo (VIEIRA, 2005:11).

Para o estabelecimento desta porção central, é necessário que o fabricante domine um conjunto amplo e complexo de capacitações e que entenda minimamente as etapas do modelo de negócios. Para a customização, entretanto, é necessário o aprofundamento do conhecimento das necessidades do demandante, para fornecer soluções competitivas e de maneira rápida. Isto requer que a relação usuário-produtor seja intensa.

Esta possibilidade de um núcleo comum de funcionalidades básicas possibilita a obtenção de ganhos de escala e algum movimento de economias de rede. As forças centrípetas predominam, por tanto, neste tipo de produto de *software*. Mas, não há que descartar a presença, embora em menor intensidade, de forças de desconcentração.

2.2.1.2 *Software* produto embarcado

O chamado *software* embarcado chega ao mercado embutido em equipamentos, máquinas e outros bens de consumo que permitem sua operação (MOWERY, 1996:4; FRICK e NUNES, 1996:36). É importante lembrar, aqui, que o sentido de *hardware* empregado é amplo e não se refere à porção física somente de computadores, uma vez que diversos equipamentos de uso doméstico, como aparelhos de DVD, celulares, televisores, máquinas de lavar e até mesmo relógios, necessitam de um *software* para operar (ROSELINO, 1998:9; VIEIRA, 2005:10).

Seu desenvolvimento é, então, uma das atividades mais dinâmicas atualmente, já que todo equipamento automatizado de base microeletrônica traz um *software* para sua operação. Por esta razão, muito do esforço de inovação em produtos como geladeiras depende amplamente dos desenvolvimentos na área de *software*.

Apesar de sua destacada importância econômica, este segmento de *software* recebe menor interesse por parte das políticas públicas. Roselino (1998:9) defende que isto é resultado, em grande parte, da dificuldade de mensuração/valoração deste *software*, cujas estatísticas disponíveis são precárias, devido à unicidade existente entre o desenvolvimento do equipamento para o qual se destina e o próprio *software* que será utilizado para operá-lo. As características principais de cada segmento de produtos de *software* estão sumarizadas na tabela 3.

Tabela 3: Síntese dos elementos característicos dos segmentos fabricantes de produtos de *software*

Característica	Produto Customizável	Produto embarcado	Produto pacote
Custo marginal	Decrescente	Crescente	Virtualmente zero
Característica	Produto Customizável	Produto embarcado	Produto pacote
Estrutura de mercado	Regional e global	Regional e global	Global e concentrada
Relação com o usuário	Padronizada	Padronizada	Padronizada
Objeto de venda	Licença e projeto	Licença e pequena adaptação	Licença
Variável chave	Número de clientes	Especificações do <i>software</i> pelo cliente	Quota de mercado
Especificação do trabalho	Própria, partilha	Própria	Própria
Capacidade crítica	Análise requerida pelos clientes, tecnologia	Relação com clientes, tecnologia	Estratégia de mercado, arquitetura do <i>software</i>
Barreiras à entrada	Acesso a mercado, tecnologia	Acesso a mercado, tecnologia	Risco, investimento
Empresa típica	Oracle, SAP	Ericsson	Microsoft

Fonte: Adaptado de SOTEX (2002:15).

2.2.1.3 *Software* serviço

Parte crescente das atividades da “indústria” de *software* tem se aproximado mais da concepção do setor de serviços, voltado ao atendimento de demandas específicas que não são atendidas pelo *software* pronto, ou seja, na forma de produto. A este tipo de *software* convencionou-se referir como serviços de *software*.

Em oposição ao pacote, o *software* serviço é formado por programas desenvolvidos para o atendimento de necessidades específicas de um usuário. Por este motivo, ele é produzido, de certa forma, por encomenda, já que é resultado de uma demanda que parte do usuário. Como bem explica Roselino (1998:9), é ele quem determina, *ex-ante*, as características a serem desenvolvidas pela casa de *software*.¹¹ Por esta razão, os riscos de mercado são menores, comparativamente ao *software* produto (SCHWARTZ, 1992:145).

Estão incluídos nesta classificação aqueles serviços profissionais relacionados com tecnologia, consultoria, treinamento, suporte técnico e manutenção, conhecidos por serem atividades de apoio ao usuário, que incluem, portanto, serviços de orientação e esclarecimentos sobre o produto, soluções de falhas técnicas e problemas relacionados. Ainda, estão inclusos os serviços terceirizados, ou *outsourcing*, que pressupõe a contratação de serviços de uma provedora externa que se torna responsável pela gestão parcial ou integral das atividades de uma determinada empresa.

¹¹ Em que casa de *software*, que vem da expressão em inglês *software house*, é um termo utilizado para designar um fabricante de *software*, a empresa que o produz e distribui.

O desenvolvimento deste tipo de *software* é, portanto, uma atividade conjunta entre o fornecedor e o cliente, o que envolve transferência de informações e conhecimento específicos do primeiro para o último. Esta interatividade entre os usuários e profissionais que desenvolvem *software* é intrínseca ao processo de produção, mas pode ganhar novos contornos ao longo do processo de desenvolvimento, adaptando as soluções às restrições e possibilidades descobertas no decorrer do tempo para atender às expectativas e necessidades do cliente.

A conjunção entre usuário e fornecedor no desenvolvimento deste tipo de *software* guarda algumas implicações. Uma delas refere-se ao tipo de conhecimento demandado, uma vez que “esses programas¹² são, portanto, produzidos com características adequadas às especificações do cliente, resultando em sistemas dedicados intensivos em conhecimentos específicos” (ROSELINO, 1998:9). Outra implicação é que os riscos de mercado para a empresa desenvolvedora é menor, uma vez que a venda é efetuada “previamente”.

Roselino (1998:9) explica que as empresas produtoras de *software* serviço tendem a se concentrar em determinados segmentos de mercado e aplicações de mesma característica, pelos benefícios que esta especialização traz para a produtividade. Vale lembrar que, a despeito da vantagem de ter poucos riscos, esta especialização tem, no entanto, a desvantagem de não possibilitar os ganhos da venda em escala que consegue o *software* do tipo pacote (ROSELINO, 1998:9).

No entanto, é preciso diferenciar o segmento em serviços de baixo e alto valor, uma vez que “reproduzem aspectos significativamente distintos no que se refere à dinâmica competitiva” (ROSELINO, 2006:36) das empresas e países que se objetiva analisar neste trabalho. As próximas duas subseções estão dedicadas a elucidar estas questões.

2.2.1.3.1 Serviços de baixo valor

Os serviços de baixo valor consistem, grosso modo, em atividades menos densas em termos tecnológicos. São aquelas que envolvem rotinas ou funções que não dependem de competências complexas (como a integração de sistemas), além do conhecimento técnico de informática. Eles estão concentrados em atividades como a geração e manutenção de *softwares*. Por envolver tarefas mais simplificadas de implantação de sistemas e manutenção

¹² Roselino (1998:9) destaca que muitas vezes este tipo de *software* é fornecido como parte de um sistema completo, composto por *software*, equipamentos, treinamento, *outsourcing*, etc.

destas atividades através de processamento de dados é que se diz que a maioria destes serviços são funções rotineiras e específicas (ROSELINO, 2006:36; DIEGUES, 2007:104).

Nota-se, aqui, uma clara separação entre as fases de concepção e execução. O baixo potencial inovativo destas atividades, atribuído pelas fases do processo produtivo em que se concentram, ou seja, codificação e testes, implica que este tipo de serviço não consegue influenciar a incorporação de funcionalidades ao *software*, centralizada no demandante do serviço. Por se constituir em uma atividade de execução de um projeto pré-determinado e geração de linhas de código, estas atividades são intensivas em mão-de-obra.

Por ser um serviço, uma atividade que parte de uma demanda específica e que oferece uma solução igualmente peculiar, a possibilidade de auferir ganhos de escala é praticamente nula, uma vez que não há padronização ou vendas em massa (ROSELINO, 2006:37). Diegues (2007:104) explica: “Isso porque a possibilidade de modularização nas fases de codificação e teste é pequena, o que limita a estratégia de reuso e torna o custo marginal de uma venda adicional virtualmente constante”.

O determinante fundamental da competitividade deste tipo de empresa é, então, o custo da mão-de-obra. Predominariam, segundo a abordagem de Roselino (2006:38), as forças que determinam a contra-tendência centrífuga que resultam em estruturas de mercado mais fragmentada, caracterizada pela forte interação entre o usuário e a empresa produtora (DIEGUES, 2007:105). Estas forças implicam na inexistência de externalidades de rede, fortes barreiras à entrada, ganhos de escala e o estabelecimento de uma plataforma dominante. A natureza destes serviços implica, portanto, em menores possibilidades de diferenciação de produtos/serviços e no predomínio da concorrência baseada em preço.

2.2.1.3.2. Serviços de alto valor e *software* sob encomenda

Já no caso do serviço de *software* de alto valor agregado, se tem o desenvolvimento de funcionalidades que visam fornecer soluções complexas, que se fundam nas fases de concepção e análise do processo de produção do *software*. Os serviços de alto valor se fundam em atividades de *design* e arquitetura de soluções em aplicações de *software*, assim como de banco de dados complexos, etapas situadas na parte hierarquicamente superior das funções desempenhadas pelo setor de *software* (ROSELINO, 2006:38).

Por esta razão, ele exige profissionais que tenham as capacitações necessárias ao domínio dos processos tecnológicos complexos. De forma geral, a especificação dos projetos

é feita de forma compartilhada, ou seja, o prestador de serviço também é responsável pela concepção do serviço que será fornecido. Mas além da intensa relação com o cliente, é necessário, portanto, o conhecimento mínimo do modelo de negócio com o qual se trabalha. Diegues (2007:106) afirma que a necessidade deste tipo de conhecimento, específico e tácito, cria barreiras à entrada.

Os ganhos de escala, apesar de ganharem força com os movimentos de reutilização de componentes e provimento de soluções mais genéricas, são amenizados pelo fato de que as empresas demandantes permanecem dispersas. Estas características fazem com que ambas as forças, centrípeta e centrífuga, tenham impacto neste tipo de serviço de *software*. A tendência à concentração se dá a partir de alguns benefícios de escala que as empresas conseguem a partir da reputação e a fragmentação decorre da própria segmentação das empresas demandantes.

Roselino (2006:38) explica que os serviços de alto valor são conhecidos como sendo *software* sob encomenda, pelo fato de serem desenvolvidos para atender a necessidades exclusivas de um usuário ou então dar solução a um problema nunca antes resolvido. Um exemplo é o sistema para processamento de declarações de imposto de renda, cujo usuário único é a Receita Federal. Cabe lembrar que este tipo de serviço segue o desenvolvimento de todas as etapas do processo de produção do *software*, ou seja, as fases de análise, projeto, programação, testes, implementação e documentação.

Importante dizer que, diferente dos serviços de baixo valor, as empresas fornecedoras de *software* sob encomenda dependem menos dos custos e mais da confiabilidade e reputação de seu serviço e na relação com o usuário. Por essa razão, as empresas estabelecidas e que contam com uma base ampla de clientes extraem grande parte de sua vantagem competitiva de seu conjunto de módulos reutilizáveis “que pode dispor em sua ‘biblioteca’ de componentes” (ROSELINO, 2006:39). As características principais de cada segmento de serviços de *software* estão sumarizadas na tabela 4.

Tabela 4: Síntese dos elementos característicos dos segmentos prestadores de serviços de *software*

Característica	Serviço de baixo valor	Serviço de alto valor
Exemplo de atividade	Integração de sistemas	P&D por contrato
Custo marginal	Virtualmente constante	Virtualmente constante
Estrutura de mercado	Local, muito fragmentada	Mercado global, algumas regionais
Relação com o usuário	Um para um	Um para um
Objeto de venda	Projeto ou recurso	Projeto

(Continuação)

Característica	Serviço de baixo valor	Serviço de alto valor
Variável chave	Custo	Capacidade produtiva trabalhadores
Especificação do trabalho	Cliente	Cliente, partilha
Capacidade crítica	Resultado do processo de criação	Resultado do processo de criação, <i>feedback</i> dos clientes
Barreiras à entrada	Competição (baixo custo)	Reputação
Empresa típica	Empresas locais e globais	IBM, empresas locais

Fonte: Adaptado de SOFTEX (2002:15).

2.2.1 Quanto ao tipo de mercado em que se insere

O *software* também pode ser classificado pelo tipo de mercado no qual é inserido, a partir da diferenciação do tipo de demanda para a qual os aplicativos são desenvolvidos, isto é, demanda por soluções gerais ou específicas, isto significa, horizontal ou verticalmente, respectivamente (ROSELINO, 1998, p.12).

2.2.1.3 Software horizontal

A característica determinante do *software* horizontal é o tipo de conhecimento utilizado para seu desenvolvimento, uma vez que incorpora conhecimentos restritos à área de informática, mas não informações específicas a outra atividade específica. Este tipo de *software* precisa de maior esforço em pesquisa e desenvolvimento em informática. Um exemplo são os processadores de texto e planilhas eletrônicas utilizados em áreas médicas, jurídicas e outras, que, apesar de não incorporar conhecimento específico a estas atividades, são utilizados sem restrições por todos (ROSELINO, 1998:12; DUARTE, 2003:51).

Nesta mesma direção, vale ressaltar que este tipo de *software* pode ser também um produto intermediário para a elaboração de outros programas. Enquadram-se nesta classificação as ferramentas de desenvolvimento, sistemas operacionais e linguagens de programação. Um exemplo da interação entre as duas formas de classificação apresentadas nesta seção se torna visível no fato de que este tipo de *software* é comercializado na forma de pacote, uma vez que não demanda a interação entre desenvolvedor e usuário em seu processo de elaboração (ROSELINO, 1998:12).

2.2.1.4 Software vertical

O *software* vertical é aquele desenvolvido de acordo com as especificações de uma atividade específica, como a medicina, a educação, etc. Este tipo de *software*, ao contrário do anterior, pode ser comercializado sob as três formas mencionadas: de pacote, serviço ou embarcado (ROSELINO, 1998, p.13).

Algumas aplicações verticais são específicas a determinados segmentos, mas não necessariamente incorporam conhecimentos de consumidores individuais. Quando este é o caso, i.e, quando o desenvolvimento se dá para consumidores específicos, incorporando informações próprias do demandante, explica Roselino (1998:13), o *software* é vertical sob encomenda (serviço). O esforço, no *software* vertical está então, ao contrário do horizontal, em desenvolver soluções com interfaces entre os conhecimentos de informática e o setor específico de atuação e por isso tem uma dependência maior da relação usuário-produtor relativamente ao tipo horizontal.

Chama a atenção novamente, para os propósitos do estudo, o *software* vertical indissociável do equipamento para o qual foi elaborado, ou seja, o *software vertical embarcado*, fornecido juntamente a equipamentos industriais automatizados ou componentes de base microeletrônica e que significa que os esforços em desenvolvimento de produto tem dependido, cada vez mais, do desenvolvimento de *software* (MOWERY, 1996:4).

Talvez mais importante que entender as formas exatas de classificação que pode assumir o *software*, devido ao seu caráter heterogêneo, é perceber que **as fronteiras entre esses territórios são em si mesmas um tanto quanto nubladas, uma vez que, ao longo de seu desenvolvimento, o *software* pode assumir características e relações multilaterais não-lineares entre elas**. Isso equivale a dizer que muitos produtos vendidos em forma de pacotes, por exemplo, foram frutos de encomenda e depois de prontos, foram adaptados e padronizados para atender a outros clientes com o mesmo tipo de necessidade.

Freire e Brisolla (2005:108) citam o exemplo dos *softwares* de gestão integrada, dos quais fazem parte os ERPs (*Enterprise Resource Planning*), utilizado para integrar em uma única base de dados informações de diversas áreas de uma organização. Geralmente, eles são produtos genéricos, uma vez que devem atender uma comunidade razoável de usuários. Mas, ao mesmo tempo, são específicos e localizados, o que exige um trabalho cuidadoso de análise, customização e atendimento pós-venda, para adequá-lo à empresa usuária.

Os ERPs seriam, portanto, um tipo **híbrido** de *software*, vendidos em forma de pacote, porém com necessidade de customização, o que, de certa forma, complica a classificação

deste tipo de *software* em uma única categoria de análise. O que haveria é um trabalho conjunto que se desdobra na customização fornecida pelos desenvolvedores de sistemas integrados/fornecedores especializados e a codificação das ferramentas de desenvolvimento e padronização da arquitetura de interfaces e plataformas utilizadas (FREIRE e BRISOLLA, 2005:108).

2.3 Considerações parciais

A análise das oportunidades que a indústria de *software* oferece para os sistemas nacionais de inovação requer a consideração dos mecanismos econômicos que regem este setor. As subseções anteriores mostraram os principais deles, ressaltando as diferenças que o setor guarda com relação à indústria manufatureira tradicional e as heterogeneidades dos segmentos que compõem a própria indústria.

É o caso dos **retornos de escala**, ou seja, o custo marginal da produção adicional de uma unidade do “produto”. À indústria de *software*, freqüentemente se atribuem retornos crescentes, o que equivale a dizer que cada unidade adicional de *software* pode ser produzida a um custo mais baixo que a anterior. A exceção a esta regra são as atividades intensivas em recursos humanos (em que a produtividade aumenta à medida que aumentam os profissionais envolvidos no processo de produção). Neste caso, têm-se retornos constantes, já que o pessoal adicional é utilizado para servir novos projetos de desenvolvimento com a mesma margem de lucro.

Outra implicação de suma importância para o setor vem do fenômeno de *lock-in*, ou os meios pelos quais os atores de uma indústria mantêm uma vantagem competitiva através do trancamento da trajetória tecnológica. No caso de alguns segmentos da indústria de *software*, como o de pacotes, a vantagem de ser o primeiro a entrar (*first mover*), associada a retornos crescentes, cria uma barreira à entrada de novos competidores e tranca, então, a trajetória da indústria ao padrão desenvolvido pela empresa em questão. Esta é a principal explicação para a hegemonia da Microsoft (e outras firmas americanas) no mercado de produtos.

Mas este trancamento só é sustentável em longo prazo se a empresa mantiver o aprendizado contínuo. Ser um *first mover* sem aprofundar-se continuamente em sua curva de aprendizado não significa a manutenção da liderança de mercado em um setor onde a velocidade da mudança e a taxa de oportunidades tecnológicas são altas. A questão é que as

oportunidades e os padrões de aprendizado são complexos e distintos para cada segmento da indústria.

Por fim, uma das propriedades mais importantes do *software* para uma análise comparativa dos padrões de organização da indústria é seu caráter **transversal**, ou seja, a capacidade de gerar efeitos econômicos mais amplos. Esta característica pode tomar forma através de dois “canais”: os relacionamentos produtivos, em que o *software* funciona como veículo de produtividade, ou então sob a forma de consumo, na qual as demandas por *software* estimulam o desenvolvimento e o crescimento de uma indústria doméstica.

Este capítulo lançou luz a estes conceitos que formam a base para o entendimento da evolução dos padrões de organização da indústria, das diferentes estratégias nacionais e das diferentes possibilidades que apresenta o mosaico de atividades que compõem a indústria de *software*. O próximo capítulo analisa os desdobramentos destas características sobre países não-centrais que têm se destacado no cenário internacional do setor (Índia, Irlanda e Israel), a fim de desenvolver uma referência para o estudo do caso brasileiro.

CAPÍTULO 3: MUDANÇAS RECENTES NA DIVISÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO EM *SOFTWARE*: LIMITES E POSSIBILIDADES DA INDÚSTRIA EM PAÍSES NÃO-CENTRAIS

The importance of information has, of course, been acknowledged over many millennia, but the ideas of IT technology and software are quintessential contributions of contemporary modernity – not something with any ageless recognition.

(Amartya Sen, em palestra no "Nasscom 2007 India Leadership Forum", Mumbai, Fevereiro de 2007)

O capítulo anterior mostra que a heterogeneidade de segmentos da indústria de *software* engendra dinâmicas competitivas distintas que resultam em um ambiente internacional marcado pela convivência de segmentos mais “voltados para dentro” e outros cujo traço distintivo é a internacionalização. Este ambiente reserva oportunidades para a inserção de empresas localizadas em países não-centrais (PEARCE, 1999:159), dentre eles, o Brasil. Há que lembrar, para isto, que a assimilação de tais possibilidades, bem como dos limites destas oportunidades, exige uma avaliação criteriosa acerca das transformações recentes pelas quais tem passado esta indústria.

Este capítulo pretende avançar na compreensão dos elementos apontados, a fim de subsidiar a compreensão da dinâmica internacional da indústria de *software*, considerando que o diagnóstico e a identificação das possibilidades de inserção da indústria brasileira exigem o exame das configurações e transformações produtivas recentes sobre a divisão internacional do trabalho que se configura em torno deste setor.

Para balizar o entendimento da indústria brasileira, retratada no capítulo 4, foram selecionados três países não-centrais e que têm se destacado no cenário internacional em *software*: Índia, Irlanda e Israel. Mais que catalogar modelos industriais estáticos, o capítulo procura ressaltar a dinamicidade e complexidade crescentes de tais estruturas em um ambiente crescentemente globalizado.

3.1 Redes globais de produção e inovação na indústria de *software*: especialização e externalização

A organização da produção e da inovação em escala global das atividades de *software* é um fenômeno acentuado pela globalização econômica do século XXI, centralizado na

organização da produção e da inovação em redes globais, através de “ondas sucessivas de espraiamento das atividades manufatureiras em direção à periferia do sistema econômico capitalista” (DIEGUES, 2010:84; ROSELINO, 2006:67). O fenômeno da globalização do capital teve início em 1920 (CHANDLER, 1962:40) e ganhou força a partir da revolução microeletrônica da última metade do século XX e do avanço das políticas de liberalização econômica.

Neste cenário, a externalização das atividades de produção e inovação em *software*, em decorrência da possibilidade de modularização (explorada no capítulo 2), pode ser entendida segundo o paradigma de Sturgeon (2002:47), ou seja, de uma estrutura desintegrada verticalmente, em que tais tarefas passam a ser segmentadas em módulos e realizadas por agentes especializados e dispersos geograficamente. Pode-se dizer, portanto, que a descentralização global das atividades de produção e inovação no âmbito e empresas multinacionais ocorre através de estratégias amparadas no **binômio especialização-integração** internacional (chamadas de forças centrípetas e centrífugas de internacionalização, respectivamente).

Ao contrário da empresa *chandleriana* multivisional, em que um escritório coordena e se responsabiliza pelo trabalho de um número de divisões, os blocos constituintes das novas empresas organizadas em **rede** são relativamente autônomos e impulsionadores da divisão do trabalho. Segundo Diegues (2010:89), a empresa-rede especializa-se em atividades de maior conteúdo tecnológico, que são responsáveis pela criação de assimetrias competitivas, enquanto dispersam globalmente aquelas atividades hierarquicamente inferiores na cadeia de valor, para depois integrar os diversos nódulos da rede. Por conta disto, ela aparece como principal agente no processo de transnacionalização do capital.

Assim a atuação de tais nódulos se configura como uma parcela de um conjunto muito mais amplo de atividades intrinsecamente relacionadas, as quais são dispersas em escala global de modo a assegurarem o acesso rápido e a baixo custo a recursos, capacitações e conhecimentos complementares às competências *core* das empresas controladoras das redes (capitânicas) (DIEGUES, 2010:89).

No bojo destas transformações, que envolvem a externalização de atividades a países periféricos, é útil lembrar que grande parte das vezes, na indústria de software, as empresas capitânicas terceirizam (*outsourcing*) atividades de baixo conteúdo tecnológico e que envolvem qualificações voltadas à realização de tarefas rotineiras. Neste caso, a empresa sede mantém,

sob seu controle (*in-house*), as atividades intensivas em conhecimento, com alto potencial inovativo e que são elementos diferenciadores do sistema de produção e inovação, por envolver etapas mais nobres deste processo, a que Roselino (2006:52) refere-se como “internacionalização passiva”.

Parte crescente das multinacionais tem conduzido atividades, inclusive de P&D, no exterior, devido à disponibilidade de mão-de-obra e baixos custos, à necessidade de preencher condições de *design* para os mercados internacionais e, em menor grau, de oportunidades na área técnico-científica, como a aquisição de conhecimentos complementares à empresa (GERYBADZE e REGER, 1999; PATEL, 1999; e MANSFIELD et.al, 1979).

No entanto, a importância do controle e da manutenção de “atividades-chave” para as vantagens competitivas da empresa revelam que a rede produtiva global permanece composta de uma estrutura de relações que obedecem a diferentes níveis hierárquicos, em que as decisões da empresa capitânia afetam diretamente as possibilidades de crescimento e direcionamento estratégico das empresas subordinadas (ROSELINO, 2006:62; DIEGUES, 2010:107).

As diversas configurações dos nódulos das redes globais de inovação obedecem, assim, à tensão permanente entre a tendência de internacionalização das atividades tecnológicas e a influência de condicionantes essencialmente locais como o contexto histórico e institucional específico nos resultados do processo inovativos (DIEGUES, 2010:111).

O movimento de externalização da produção pode ocorrer de várias maneiras, e seu entendimento é um passo necessário para qualificar as estruturas industriais tratadas neste capítulo em termos das especificidades envolvidas em cada uma delas (quadro 5). Segundo a tipologia da Organização Mundial do Comércio (2010: 3), na primeira maneira, a empresa sede externaliza as atividades para subcontratadas no mesmo país, em um movimento conhecido como *outsourcing*. Um exemplo disto acontece quando a Google subcontrata uma empresa localizada nos Estados Unidos para produzir um módulo específico que será integrado a determinado produto.

Quadro 5: Tipologia das formas de externalização da produção segundo localização e relações entre empresas

	Doméstico	Estrangeiro	
	OUTSOURCING		O F F S H O R E I N G
Outras empresas →	Outsourcing	Offshore-outsourcing	
Mesma empresa →	Produção in-house	Investimento direto estrangeiro	

Fonte: WTO (2010:3).

Na segunda maneira, representada no primeiro quadrante, a empresa externaliza as atividades para subcontratadas localizadas no exterior. Aqui, por exemplo, estão localizadas as atividades de programação realizadas por empresas indianas para empresas americanas. E, por fim, o último tipo de externalização (segundo quadrante) ocorre quando a empresa sede desloca para as suas próprias filiais localizadas no exterior determinadas atividades do processo de desenvolvimento de *software*. Estas atividades, a despeito de fazerem parte da rede de produção de uma empresa, estão localizadas em unidades distintas e são caracterizadas como um *investimento direto estrangeiro*.

Mais importante que isto é perceber que o movimento de externalização/internacionalização pode ser uma fonte de aprendizado e aquisição de conhecimento para empresas de *software* de países periféricos. Ao mesmo tempo, nota-se que as etapas mais estratégicas destes processos ainda são realizadas, em grande parte, pelas sedes das empresas localizadas em países centrais, devido às limitações de mobilidade dos insumos inovativos e do caráter essencialmente tácito e de difícil codificação do conhecimento necessários à inovação em *software* (DIEGUES, 2010:112).

Em linhas gerais, como mostra a tabela 5, a maior parte das grandes empresas mundiais é de origem estadunidense e está dedicada à prestação de serviços de TI. As maiores empresas deste segmento apresentaram, no ano de 2006, receita média cerca de 31% maior do que aquelas atuantes no segmento de produtos de *software* (US\$11,9 bilhões e US\$ 9,1 bilhões, respectivamente). Esta diferença acentua-se ainda mais se observada a quantidade média de

empregados: cerca de 63 mil no segmento de serviços de TI e 26,7 mil nas empresas de produto.

Tabela 5: As maiores empresas mundiais de *software* e serviços de TI segmentadas por atividade principal, 2006

Empresa	País	Receita – milhões US\$ correntes	Número de empregados	Lucro líquido – milhões US\$ correntes	P&D - milhões US\$ correntes	Gasto da receita em P&D (%)	Receita média por empregado – US\$ correntes
Serviços de TI							
EDS	Estados Unidos	21.268	131.063	470	N/D	N/D	162.273
Tech Data	Estados Unidos	20.483	8.000	23	N/D	N/D	2.560.375
Accenture	Bermuda	18.228	140.000	973	298	2	130.200
CSC	Estados Unidos	14.638	79.000	528	N/D	N/D	185.291
CapGemini Ernst & Young SAIC	França	9.625	79.981	366	N/D	N/D	120.341
First Data (Concord EFS)	Estados Unidos	7.775	44.100	927	N/D	N/D	176.303
ADP	Estados Unidos	7.076	29.000	1.513	N/D	N/D	244.000
Atos Origin	França	6.836	36.000	1.554	472	7	189.888
Unisys	França	6.780	49.847	-312	N/D	N/D	136.016
Unisys	Estados Unidos	5.757	31.500	-279	231	4	182.761
<i>Total</i>	-	118.466	628.491	5.763	1.001	-	-
<i>Média</i>	-	11,84	62.849	576	333.67	4,33	169.675*
Produtos de <i>software</i>							
Microsoft	Estados Unidos	44.282	79.000	12.599	6.584	15	560.531
Oracle	Estados Unidos	14.380	74.674	3.381	1.872	13	192.570
SAP	Alemanha	11.812	39.355	2.351	1.677	14	300.139
Symantec Veritas	Estados Unidos	4.143	17.100	157	682	16	242.280
Computer Associates	Estados Unidos	3.772	14.500	159	697	18	260.137
Electronic Arts	Estados Unidos	2.951	7.900	239	758	26	373.544
Adobe Systems	Estados Unidos	2.575	6.082	506	540	21	423.380
Amdocs	Estados Unidos	2.480	16.234	319	187	8	152.765
Intuit	Estados Unidos	2.342	7.500	417	399	17	312.266
Autodesk	Estados Unidos	1.840	5.169	290	406	22	355.968
<i>Total</i>	-	90.577	267.414	20.418	13.802	-	-
<i>Média</i>	-	9,05	26.741	2,04	1.38	17	317.358

Fonte : OECD (2008:67).

*Nota: Média sem a empresa Tech Data.

Estes resultados refletem diferenças nas características dos modelos de negócios de tais empresas. Em virtude de serem mais intensivas em mão-de-obra e à menor capacidade de apreender retornos positivos de escala (capítulo 2), as empresas do segmento de serviços apresentam uma receita média por empregado cerca de 45% menor que aquela do segmento de produto (US\$ 169,7 mil e US\$317,4 mil ao ano, respectivamente). A exceção a esta tendência é a empresa Tech Data que, em 2006, teve receita média de mais de US\$2,56 milhões), o que não invalida as conclusões que associam as características dos modelos de negócios às diferenças observadas nos números da receita média por empregado. Ocorre que, a despeito de ser classificada pela OECD como empresa de serviços, a TechData obtém grande parte de sua receita através da revenda e distribuição de produtos de TI (*software e hardware*) de terceiros.

Em linhas gerais, esta subseção indicou que os processos de globalização têm aberto espaços consideráveis para a atuação de empresas provenientes de países emergentes nas redes produtivas e tecnológicas globais (ERNST, 1994:114). No entanto, é preciso lembrar que este processo não é automático. O aproveitamento das oportunidades de aprendizado e integração abertas para os *latecomers* da indústria de *software* depende da construção de competências em soluções que lhes permitam lograr uma forma de inserção externa mais autônoma e sustentável economicamente.

3.2 O modelo terciário-exportador (Índia, Irlanda e Israel): uma visão de reforço da antiga divisão internacional do trabalho em *software*

Como visto na seção anterior, um número de países fora do núcleo das economias avançadas (capítulo 1), menos desenvolvidos e até sem tradição no complexo eletrônico, passaram a figurar como grandes produtores mundiais de *software*. Este desempenho fora influenciado pela separação (*unbundling*) do *software* e *hardware* e pelas menores barreiras de entrada advindas das melhorias na infra-estrutura de comunicação de dados e à força propulsora da internacionalização (ROSELINO et. al, 2008:2).

Os exemplos mais proeminentes deste processo são Índia, Irlanda e Israel (“3 Is”), que, embora qualitativamente diferentes com relação ao tamanho e estágios de desenvolvimento, são classificados como a primeira leva (*first tier*) de exportadores. Como mostram os dados da tabela 6, Irlanda e Israel são economias mais avançadas em termos de

PIB *per capita* relativamente à Índia e ao Brasil, embora em números absolutos produzam menos.

Como explica Carmel (2003:2), países da primeira leva são indústrias maduras com relação à exportação de *software*, como EUA e Alemanha e os recentes casos de Índia, Irlanda e Israel. Os da segunda leva são duas indústrias em transição, da China e Rússia, em que o crescimento da indústria as aproxima dos primeiros. Os da terceira leva são países emergentes, cujas exportações às vezes ultrapassam centenas de milhões de dólares e com uma centena de firmas exportadoras. E, por fim, os da quarta leva são os que têm exportado há poucos anos; são os países conhecidos como indústrias exportadoras infantes, que não competem significativamente na arena global do setor.

Tabela 6: Indicadores econômicos selecionados para Índia, Irlanda, Israel e Brasil, 2008

Indicador	Índia	Irlanda	Israel	Brasil
PIB (US\$ bilhões)	1.214	266	202	1.638
PIB <i>per capita</i> (US\$)	1.134	51.049	26.175	8.114
Gastos com TIC (%PIB)	4	5	5	5
IDE líquido a preços correntes (US\$ bilhões)	22,8	-33,2	10,8	24,6
Valor adicionado a custo de fatores (US\$ bilhões)	1.138	ND	ND	1.393
Exportações de serviços do setor de TIC *(US\$ bilhões)	51,8	34,9	7,1	0,655

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Banco Mundial, **World Development Indicators**, disponível em (<http://www.worldbank.org/>).

Nota: O setor de TIC engloba mais que o setor de *software*, objeto deste trabalho. No entanto, estes indicadores permitem uma comparação crível entre os países selecionados.

Alguns elementos comuns para o sucesso dos chamados modelos de sucesso exportador em *software* – SESM (*Software Export Success Model*) podem ser identificados (HEEKS e NICHOLSON, 2002:13). Todos os “3Is” tiveram, em maior ou menor grau, **políticas** ou uma visão nacional voltada ao desenvolvimento/incentivo da indústria de *software* e o impulso de uma **demanda internacional** que determina e mantém exportações. Neste quadro, as **redes internacionais de relacionamento**, na qual se incluem os movimentos de migração de trabalhadores, foram elementos que fortaleceram a construção desses laços externos.

Esta linha de argumentação identifica ainda uma quarta característica comum à

estrutura industrial dos países de sucesso exportador: a **aglomeração** em torno de *clusters*, que têm o potencial de propiciar espaços de colaboração entre as empresas, entendidos por alguns autores como central na determinação da orientação exportadora. Por fim e não menos importante, a disponibilidade de **mão-de-obra** é o principal fator institucional que viabilizou o desenvolvimento da indústria, ora porque a indústria demandou grandes volumes contingentes para escrever códigos, ora porque precisou de sua inteligência para fazer P&D (COMMANDER, 2003:21; DOSSANI E KENNEY et.al, 2009:194).

Vistos seus elementos determinantes, os casos enunciados podem ser sumariados de acordo com seu “modelo de negócios predominante” (figura 7): i) Um padrão voltado à **exportação de serviços de baixo valor com alto conteúdo local**, “direcionado ao atendimento das demandas resultantes da tendência geral de internacionalização do *outsourcing* (caso indiano) (ROSELINO et.al., 2008:4); ii) Um modelo voltado à **exportação de produtos de alto valor com baixo conteúdo local** oriundos sobretudo dos Estados Unidos, direcionado ao desenvolvimento de elos da cadeia produtiva internacionalizada de *software*, como plataforma exportadora (caso irlandês) e iii) Um modelo direcionado à **exportação de produtos de alto valor com alto conteúdo local** impulsionados pelas demandas e incentivos do setor militar (caso israelense).

Figura 7: Caracterização dos modelos de sucesso exportador segundo intensidade do valor adicionado e do conteúdo local

Fonte: Adaptado de Heeks (1999) e Roselino (2006).

A posição A representa o modelo exportador de serviços de baixo valor e alto conteúdo local, caso da Índia. Contrariamente, a posição C representa o modelo exportador de

serviços de alto valor, mas pouco conteúdo local. O caso de Israel, visto por esta perspectiva, é o que mais se distancia da característica dependente dos modelos de sucesso exportador, por se concentrar em *software* de alto valor e, sobretudo, com alto conteúdo local. A posição E representa países especializados no atendimento de nichos de mercado, em que é difícil identificar uma rota única de sucesso.

Os três casos são exemplos de países considerados bem sucedidos na indústria de *software*, aventados principalmente pelo tamanho da base exportadora, cujos investimentos estão fortemente associados à prestação de serviços ou atração de investimentos de multinacionais, nitidamente, proveniente dos Estados Unidos. Ocorre que, como alguns autores ressaltam (ROSELINO et.al, 2008:5), muito do trabalho realizado por esses países não constitui tarefas inovadoras de fato e envolve atividades dos elos considerados inferiores da cadeia de valor global do *software*. Em razão disto, estes modelos podem ser entendidos como “**terciário-exportadores**”, devido ao caráter tecnologicamente subordinado e, portanto, sofrerem limitações análogas àquelas das indústrias exportadoras de bens primário.

A tabela 7 resume os principais indicadores para a indústria de *software* nos países estudados no trabalho e permite, em primeiro lugar, corroborar a pujança exportadora deste modelo e, em segundo lugar, analisar o desempenho destes países de forma comparada. Em linhas gerais, a indústria indiana salta aos olhos com relação ao número de firmas, de empregados e de receita com exportações. No entanto, fica aquém dos outros países exportadores quanto à receita por empregado, tido como um indicador de produtividade do trabalho.

Tabela 7: Síntese dos principais indicadores da indústria de *software* na Índia, Irlanda, Israel e Brasil, últimos dados disponíveis

Indicador		Índia (2006-07)	Irlanda (2007)	Israel (2006)	Brasil (2008)
Número de firmas	de	47.116 (Mospi)	4.924	10.750	10.685 (RAIS) ¹ 728 (PAS)
Número de empregados no setor	de no	2,2 milhões (MIT) ³ 636 mil (Mospi)	33.546	96.200	195.973 (RAIS) 112.080 (PAS)
Empregados em <i>software</i> /população		0,2% (MIT) 0,1% (Mospi)	0,8%	1,4%	0,1% (RAIS e PAS)

(Continuação)

Indicador	Índia (2006-07)	Irlanda (2007)	Israel (2006)	Brasil (2008)
Receita	US\$ 59,96 bilhões (MIT) ³ US\$ 32,5 bilhões (Mospi)	US\$ 11,5 bilhões	US\$11 bilhões	US\$ 11,063 bilhões (PAS)
Receita por empregado	US\$ 27.254 (MIT) US\$ 51.100,63 (Mospi)	US\$ 344.443,48	US\$ 114.345,11	US\$ 98.710,26 (PAS)
Receita com exportações	US\$ 47,1 bilhões (MIT)	US\$ 18,3 bilhões ⁴	US\$ 3 bilhões	US\$ 744,244 milhões (PAS) ²
Valor adicionado	ND	US\$ 2,5 bilhões	US\$ 8,3 bilhões	US\$ 8 bilhões (PAS) ²
Remuneração por empregado	ND	US\$37.100	US\$59.320	US\$ 34.880,76 (PAS)

Fontes: Dados da Índia: MOSPI (Ministério das Estatísticas da Índia), **NSS Report No 529: Service Sector in India**, disponível em: (http://mospi.nic.in/Mospi_New/site/home.aspx); MIT (Ministério das Comunicações e Tecnologia de Informação da Índia), **Information Technology Annual Reports**, disponíveis em: (<http://www.mit.gov.in/>). Dados da Irlanda: CSO Ireland (Escritório Central de Estatísticas), Banco de dados do **Annual Services Inquiry**, disponível em: (<http://www.cso.ie/default.htm>). Dados de Israel: CBS (Escritório Central de Estatísticas), **Business Research and Development 2006**, disponível em: (http://cbs.gov.il/reader/?MIval=cw_usr_view_Folder&ID=141). Dados do Brasil: Pesquisa Anual de Serviços – PAS/IBGE, disponível em: (http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/comercioeservico/pas/pas2008/defaulttabzip_2008.shtm) e Relação Anual de Informações Sociais – RAIS/MTE, disponível em: (<http://sgt.caged.gov.br/index.asp>).

Notas:

¹É esperado que os dados da RAIS estejam um tanto inflados com relação à base da PAS, uma vez que a última considera empresas com mais de vinte empregados.

²Valores estimados para o setor de *software* com base em sua participação na receita do setor de TI, uma vez que a PAS fornece os dados para origem de capital e valor adicionado das empresas somente para o agregado de TI.

³Valores agregados para todo o setor de TI. Por isso são maiores que do Mospi, que considera a classe “*software* e serviços relacionados”, mais próximo ao âmbito deste trabalho.

⁴ Valor para o ano de 2008.

É verdade que, em maior ou menor grau, os 3Is têm sustentado o sucesso comercial do setor de *software* ancorados nas possibilidades do mercado internacional. E é fato que a realização de tarefas mais nobres do processo de produção de *software*, como é o caso de Israel, diminuem as limitações provenientes do desenvolvimento dependente. O que as próximas subseções estão dedicadas a mostrar é que, apesar das dúvidas com relação à apropriabilidade dos resultados do processo de inovação que se impõem a esta configuração produtiva por parte da literatura especializada, estes países têm demonstrado evidências de transformações produtivas que podem os conduzir a um novo patamar na divisão internacional do trabalho no setor. Passemos a estas considerações.

3.3 Índia: exportação de serviços de baixo valor com alto conteúdo local

Esta subseção trata dos limites e possibilidades do modelo de negócios da indústria de *software* indiana, um dos casos mais notáveis dentre os países emergentes, na divisão internacional do trabalho do setor. O debate acerca da internacionalização da indústria de *software* em países periféricos confronta perspectivas mais otimistas àquelas que prevêm limitações quanto à sustentabilidade econômica de sua indústria. As duas abordagens chegam a conclusões antagônicas, embora tenham ambas suas sustentações teóricas.

Mais que julgar virtudes e imperfeições de um modelo industrial voltado para o setor externo, o trabalho procura analisar a trajetória e a estrutura da indústria indiana de *software* de forma isenta com relação às duas abordagens. Ao mesmo tempo em que não se pode localizar toda a indústria indiana aos elos mais baixos da cadeia de valor, os indicativos da existência de atividades de maior conteúdo tecnológico não são suficientes para sustentar uma transição para um novo modelo de produção. Por isso, uma forma mais robusta de entender a estruturação das atividades de *software* na Índia identifica elementos de reforço e ruptura de antigas hierarquias. Passemos, então, à análise desta trajetória.

3.3.1 Raízes da estruturação industrial e institucional

O desenvolvimento da indústria indiana de *software* é idiossincrático e produto de uma combinação única de recursos favoráveis (como a demanda internacional) e políticas públicas e industriais que ela produziu, tendo, portanto, pouco valor heurístico a replicação deste modelo em outras indústrias ou países (ARORA et.al, 2001:1270; D’COSTA, 2003:212; DOSSANI E KENNEY , 2007:3; DIEGUES e ROSELINO, 2008:90). Pode-se entender esta trajetória em duas fases: a primeira, que data do início da indústria e se alarga até a década de 1990, marcada pela orientação interna prevista pela política de substituição de importações; e uma segunda, a partir da década de 1990, quando o país passou por um conjunto de reformas econômicas liberalizantes.

A origem da indústria de *software* indiana pode ser localizada em fins dos anos 1950 e início da década de 1960, quando o governo instalou uma série de laboratórios e institutos de ciência, que foram somados a uma política de formação de recursos humanos para abastecê-los. Esta primeira fase do setor foi marcada também pela criação de um número de empresas, como a Tata Consultancy Systems - TCS (1968), Hindustan Computers Limited (1976) e

Computer Maintenance Corporation - CMC (1978). DOSSANI e KENNEY (2007:3) afirma que os atores mais significativos do setor eram *spin-offs* de firmas indianas estabelecidas (DOSSANI E KENNEY, 2007:3), embora reconheça que as empresas tenham se originado sob uma variedade de formas, dentre elas *spin-offs*, *joint-ventures*, *business houses* e subsidiárias de multinacionais.

As empresas estrangeiras instalaram-se na Índia somente mais tarde, nos anos 1980 e 1990, quando das reformas voltadas para a atração de investimentos externos. Uma das primeiras a se estabelecer foi a *Texas Instruments*, que montou uma infra-estrutura de *design* em Bangalore no ano de 1985, atraída, segundo Altenburg et.al (2008:6), pela disponibilidade de trabalhadores, parques tecnológicos e incentivos fiscais.

É unânime, na literatura, que as raízes do modelo industrial indiano residem nas políticas públicas voltadas ao setor de *software*, que a Índia empreendeu desde os anos 1960 (ARORA, 2006:17; ARORA et.al, 2001:25). Seu traço marcante, importante dizer, foi que grande parte delas tinha como objetivo proteger a indústria doméstica, sobretudo de *hardware*, dada a importância destes componentes eletrônicos para a produção de *software*. Neste período, a Índia tentava construir uma indústria eletrônica doméstica através da substituição de importações, em que as tarifas para importação de componentes eram altas e os importadores tinham que enfrentar uma série de regulamentações (ATHREYE, 2005:403).

Dentre as iniciativas de mais destaque encontram-se o lançamento, em 1986, de uma nova política para desenvolvimento do setor de *software* e do estabelecimento de parques tecnológicos, dois anos mais tarde. Outro passo importante para a promoção destas iniciativas deu-se nos anos 2000, com a formação do Ministério de Tecnologia de Informação (MIT) (ATHREYE, 2005:20; OCDE, 2010:9).

É preciso dizer que os efeitos dos anos sob o regime protecionista não são óbvios e constituem um dos elementos de complexidade da trajetória da indústria de *software* indiana, longe de ser um consenso entre os estudiosos. **Segundo uma linha de argumentação, os anos sob o regime de custódia governamental fizeram com que a indústria indiana criasse competências** na produção de *software*, atividade de vanguarda que teria possibilitado o sucesso do setor em atividades longas e grandes de programação em sua fase internacionalizada. Um dos exemplos teria sido o desenvolvimento do sistema de passagens para viagens nas estradas de ferro indianas pela empresa CMC.

Por outro lado, autores negacionistas atribuem ao ambiente protegido¹³ o desenvolvimento de *software* de pouco valor tecnológico. É preciso considerar que as atividades de desenvolvimento de produto já estavam aprisionadas (*locked-in*) nas trajetórias de países e empresas que conseguiram primeiro desenvolvê-los e acumular os ganhos trazidos pelos efeitos positivos de rede. A opção pela prestação de serviços através do envio de profissionais para trabalhar em países desenvolvidos, modelo que ficou conhecido como *on-site* ou *body shopping*¹⁴, que não infringia o regime protecionista, foi uma das bases da indústria de *software* indiana e, segundo esta linha de pensamento, um dos elementos que a posicionam nos elos mais baixos da cadeia de valor do setor (DOSSANI E KENNEY, 2007:3).

É verdade que os projetos executados pelas empresas indianas neste período geralmente aconteciam sob a forma de conversão de dados para empresas estrangeiras no país de origem destas firmas. Este movimento foi, de fato, uma das bases do ambiente econômico e institucional do período da gênese da indústria indiana e os autores de perspectiva mais otimista inclusive o atribuem a oportunidade da Índia em superar suas desvantagens crônicas, como exemplo, em infra-estrutura de telecomunicações.

No entanto, os autores da linha oposta afirmam que este fenômeno, da mesma forma que o conjunto das políticas protecionistas, teria criado “um produto insignificante, excluído (*crowded out*) o setor privado e criado uma força de trabalho com qualidade duvidosa”, a despeito de seu grande volume (DOSSANI E KENNEY, 2007:3). Um “produto insignificante” e “sem o setor privado” porque as empresas indianas teriam se especializado em atividades de prestação de serviços, motivadas por anseios de evitar os riscos/incertezas relacionados à atividade de desenvolvimento de produto, transferindo esta atividade às empresas estrangeiras. Sob o regime protecionista, era mais fácil para as empresas estrangeiras contratar um engenheiro indiano que instalar operações no país (ATHREYE, 2005:23; ARORA, 2006:22)¹⁵

¹³ Um dos instrumentos-chave da política protecionista foi a Lei de Regulação do Câmbio (FERA), de 1973. Sob essa lei, uma empresa estrangeira poderia operar na Índia com minoria nas ações (máximo de 40%). Dossani (2005:14) explica que muitas empresas estrangeiras fecharam suas portas, incluindo firmas além do setor de *software*, como a Coca-Cola.

¹⁴ Dossani (2005:14) afirma que este movimento, conhecido como diáspora, começou em 1974 com uma manufatureira de *mainframes*, a Burroughs, pedindo por seu agente de vendas na Índia, a Tata Consultancy Services, para exportar programadores para instalar sistemas de *software* para um cliente nos Estados Unidos.

¹⁵ Enquanto o mundo desenvolvido começava a sentir a falta de profissionais qualificados para sustentar as demandas da revolução da tecnologia da informação, um número de indianos já trabalhava em firmas

Afora as contribuições das duas vertentes acerca dos efeitos do regime protecionista sobre a indústria de software indiana, é preciso dizer que elas convergem com relação ao tipo de atividade executada na fase de economia fechada. A despeito da pequena base instalada de computadores, a programação teve lugar desde o período inicial da indústria, ainda na década de 1970, entre outras razões, porque não requeria grandes conhecimentos iniciais: para programar: o profissional não tinha a necessidade de conhecer a plataforma de *hardware* para a qual o programa era escrito, nem a indústria à qual seria destinado.

A esta se juntam outras explicações importantes para a especialização indiana em serviços de baixo valor, como a demanda internacional (sobretudo dos Estados Unidos) que “puxou” o desenvolvimento deste setor na Índia e o trancamento (*lock-in*) das possibilidades de fabricação de pacotes nas empresas norte-americanas.

Arora (2006:7) explica que os primeiros projetos de exportação envolviam tarefas de reescrita de códigos, adição de funcionalidades, manutenção de aplicações e serviços de conversão de dados. “Uma parte substancial dessas tarefas consistia simplesmente em providenciar programadores temporários para o que o cliente necessitava” (SCWHARE, 1992:151).

Nos anos 1980, a indústria de *software* indiana testemunhou a entrada de um número de empresas, em decorrência do desenvolvimento de *software* de forma independente do *hardware* (*unbundling*) e a redução dos custos de instalação de uma empresa que ele provocara. São desta época empresas como Wipro, Ramco, Satyam e Pentafour. O crescimento do setor foi acompanhado da entrada de empresas estrangeiras, incentivadas principalmente pelas políticas de incentivo e a disponibilidade de recursos humanos.

Esta segunda fase da trajetória da indústria indiana é tida, então, como um período de consolidação da indústria exportadora, que se desenvolvera a partir do envio de profissionais para a realização de tarefas no modo *on-site*, passando pela contratação de serviços indianos (*outsourcing*) e posteriormente, pela atração de empresas multinacionais que conduzissem serviços especializados no país (*offshore development*).

A atração das empresas multinacionais fora ao mesmo tempo, uma opção, no sentido de que políticas de incentivos a investimentos foram empreendidas, mas também, fruto de fatores externos, como a dificuldade em formar profissionais na mesma velocidade do ciclo de vida do produto em países desenvolvidos (ARORA et.al, 2001:1276). Estes são, pois,

americanas, cujos salários variavam de vinte a trinta por cento dos postos equivalentes nos Estados Unidos. (COMMANDER et. al, 2008:194).

elementos fundamentais da constituição da orientação exportadora da indústria indiana. Tão ou mais importante que eles para tal conformação foi o volume da demanda doméstica que, embora acelerado com o advento dos microcomputadores, não era forte o suficiente para sustentar uma indústria tal alçada (ATHREYE, 2005:26). Conforme Altenburg et.al. (2008:6) sintetizam:

Embora a construção de *expertise* doméstica em TI não conseguiria ter causado, por si só, uma mudança quanto à prosperidade econômica na Índia, o grande aumento na demanda por competências e por serviços de *outsourcing* na indústria de *software* americana e em outros países desenvolvidos tiveram uma sinergia com a disponibilidade indiana de trabalho qualificado e a indústria de informática nascente. O conjunto insuficiente de trabalhadores qualificados nos Estados Unidos criou um gargalo e seus altos salários tornaram a Índia mais competitiva, em termos relativos, especialmente em serviços de baixos salários e *low-end*.

Estes dois movimentos paralelos (o crescimento da indústria indiana e a entrada de empresas estrangeiras) resultaram em um amálgama de empresas que realizavam atividades diferentes. Do conjunto de empresas do período, i) algumas realizavam P&D e desenvolviam produtos através de equipes formadas por profissionais de países diversos (como a Texas Instruments e a HP) e ii) outras desenvolviam *software* customizado para uso interno (como o Banco ANZ e o Citigroup) (GIARRATANA et.al, 2005:211).

Ocorre que muito do trabalho que foi enviado à Índia ou aos indianos, da mesma forma que na fase anterior, continha baixo conteúdo tecnológico, compondo as atividades hierarquicamente inferiores do processo de desenvolvimento de *software* (mostrado no capítulo dois), que as empresas americanas não tinham interesse em realizar – por não serem intensivas em conhecimento, não demandarem esforços inovativos significativos, nem serem elementos diferenciadores e fontes de vantagens competitivas (DIEGUES,2010:112).

Grande quantidade do trabalho indiano tomou forma em velhas plataformas e computadores ou então na “conversão” de tais aplicativos para plataformas modernas. O ponto é que, as etapas menos rotineiras e mais “estratégicas” da cadeia de valor (como a atividade de análise de requisitos) permaneceram, em larga escala, sendo pensadas nos países de origem das multinacionais.

E por muito tempo a produção de *software* na Índia esteve associada com os serviços de programação de pouco valor agregado, puxados pelas demandas de baixo custo dos países ocidentais. Altenburg et. al. (2008:326) afirmam que, “funcionando como ‘extensões virtuais’

destes clientes, as empresas indianas de TI seguiam diretrizes estritas e estabelecidas pelas companhias contratantes”. Ocorre que, ao mesmo tempo em que este modelo de indústria possa ainda prevalecer, há uma linha de argumentação (e que não deve ser desprezada) que se apóia em evidências da realização de trabalhos mais complexos na Índia. Passemos ao exame destas características.

3.3.2 Estrutura do setor: elementos de continuidade e ruptura

A Índia é um caso paradigmático dentre os países emergentes (PONDÉ, 1993:32). O crescimento de sua economia (taxas entre sete e oito por cento nos últimos anos) aliado à pujança das exportações da indústria de *software*, que cresceu à taxa de cinquenta por cento entre 1995 e 2000, a colocam como agente importante no cenário global (COMMANDER, 2003:2; OCDE, 2010:4). Um dos indicadores desta importância é a entrada de investimento direto estrangeiro, em que o setor de tecnologia de informação foi o segundo maior para o período de 2009-10, recebendo US\$ 919 milhões, segundo dados do Departamento de Política e Promoção Industrial da Índia (DIPP:2010:2).

Os valores impressionam. Em números absolutos (mostrados na seção 3.2), a indústria indiana supera as indústrias irlandesa, israelense e brasileira em pelo menos dois indicadores: número de firmas e empregados. E quanto à receita e ganhos com exportações, o feito só não pode ser auferido com relação à Irlanda devido à indisponibilidade de dados. Para o último ano disponível, as receitas do setor de *software* na Índia somaram sessenta bilhões de dólares no ano fiscal 2008-09, o que representa cerca de 7% do PIB indiano, segundo o MIT. Para o Mospi, os números ficaram em trinta e dois bilhões.

Ao examinar os valores para as maiores empresas do setor, nota-se que, na Índia, eles superam os 5 bilhões de dólares anuais. No Brasil, as maiores empresas do setor aparecem com números próximos a 100 milhões de dólares anuais. O anexo 3 apresenta a relação das vinte maiores empresas indianas e as empresas brasileiras são detalhadas no próximo capítulo. Apesar do vigor destes números, quando tomados por empregado, os ganhos indianos são menores que os israelenses e brasileiros (US\$ 27 ou 51 mil para 114 mil e 98 mil respectivamente).

Os valores concernentes à mão-de-obra também não deixam dúvidas quanto a sua exuberância: em números absolutos, são cerca de dois milhões de trabalhadores pelo MIT e 636 mil pelo MOSPI. No entanto, quando relativizados pelo tamanho da população, estes

dados revelam um quadro mais equiparado entre os países selecionados aqui. Em termos relativos, os trabalhadores do setor de *software* indiano representam a mesma fração da população que o Brasil (0,2% - MIT ou 0,1% - MOSPI ante 0,1% no Brasil). Na Irlanda e, principalmente, em Israel, eles são mais expressivos (0,8% e 1,4% respectivamente).

O fato é que, embora haja uma diversidade de origens, empresas e atividades a serem examinadas, o elemento marcante da indústria indiana é sua orientação externa, como pode ser visualizado no gráfico 1. Em 2008-09, foram sete bilhões de dólares exportados¹⁶, o que equivale a dizer que 80% das receitas do setor são provenientes do mercado externo (MIT, 2009:1). Dentre elas, 53% das exportações do período 2008-09 foram para a América do Norte e 30% delas tiveram como destino os países europeus, segundo dados do Conselho para Promoção das Exportações de *Software* e Eletrônicos (ESC).

Gráfico 1: Exportação e produção de *software* para o mercado doméstico, Índia, 2000-2010

Fonte: Elaboração própria com base nos dados MIT (Ministério das Comunicações e Tecnologia de Informação da Índia), 2009.

*Valor estimado.

** Convertido através da taxa: 1US\$=45,896Rs

É verdade que o setor de *software* desempenha um papel de destaque para a economia indiana, o que gera externalidades positivas como atração de investimentos e geração de

¹⁶ Número exatamente igual ao divulgado pela NASSCOM (*National Association of Software and Services Companies*), que afirma congrega 95% das empresas do setor na Índia.

empregos. Os números acima contribuem para reforçar esta opinião e deixam clara a pujança desta indústria, sobretudo com relação às exportações.

No entanto, uma série de estudos (ARORA, 2006:1; ARORA, et.al, 2001: 1268; D'COSTA, 2003:211, ROSELINO, 2006:82; COMMANDER, 2003:9; CHAMINADE e VANG, 2008:1690; ATHREYE, 2005:10; CORREA, 1996:178) apontam limitações à sustentabilidade da indústria, apoiados principalmente nos argumentos do baixo valor das atividades conduzidas no país e na suscetibilidade das vantagens indianas de custo relativo.

O ponto central aqui, e que os próximos parágrafos estão dedicados a mostrar, é que o exame das características da indústria indiana revela um setor cuja inserção nas cadeias de valor globais permanece apoiada na realização de tarefas mais rotineiras. No entanto, evidências recentes sugerem que, ao mesmo tempo, um número de firmas têm complementado atividades de baixo valor agregado com serviços inovativos voltados ao atendimento de nichos de mercado. Portanto, aparece aqui uma configuração mais complexa, que apresenta **elementos de reforço e ruptura com a condição terciário-exportadora da indústria indiana de *software***.

A primeira perspectiva leva em consideração que a **posição da indústria de *software* indiana na divisão internacional do trabalho é servir como centro de *outsourcing* para o mundo industrializado** avançado (D'COSTA, 2003:217). Segundo dados do MIT (2009:10), a Índia foi considerada a maior destinatária de *global sourcing* do setor de TI, respondendo por 51% de um mercado de terceirização que contabilizou 94 bilhões de dólares em 2009.

A principal conclusão desta linha de argumentação é que a sustentabilidade econômica do modelo industrial indiano esbarra em limitações análogas aos modelos primário-exportadores (com a diferença de estar baseado em bens industrializados) em virtude do caráter subordinado do setor a atividades de baixo conteúdo tecnológico. **Além disso, outros elementos de reforço desta condição** são i) a diáspora de trabalhadores, ii) os baixos salários relativos, iii) a receita média gerada pela indústria e iv) a natureza das políticas industriais.

No argumento central desta linha teórica, as atividades indianas concentram-se em serviços, com poucas atividades de desenvolvimento de produto, exportações de conteúdo modesto e projetos de curta duração (ARORA, 2006:1; ARORA, et.al, 2001: 1268; D'COSTA, 2003:211, ROSELINO, 2006:82; COMMANDER, 2003:9; CHAMINADE e VANG, 2008:1690; ATHREYE, 2005:10; CORREA, 1996:178).

Como revelam os dados do MIT (2009:20), a ênfase desta indústria é o segmento de serviços, que permanece com uma fatia de 80% do que é exportado no setor de *software* e serviços relacionados. Segundo a instituição, as exportações de produto tiveram um acréscimo marginal de 2009 para 2010 (de 9,6 para 10 bilhões de dólares). Ocorre que grande parte destes serviços é de baixo conteúdo tecnológico. Uma das *proxies* tomadas para medir este estatuto é o dado de receita média por empregado: espera-se que ela aumente à medida que o bem contemple tecnologia. E os dados da seção 3.2 mostram que a receita média por empregado é menor na Índia que na Irlanda e Israel, o que reforça a condição do país de prestador de serviços de baixo valor¹⁷.

Grande parte destas atividades envolve, assim, estágios menos nobres como as tarefas de codificação e testes, de forma que a análise de requisitos e a inovação/desenvolvimento tecnológico permanecem sob o domínio estrangeiro, amplamente, dos Estados Unidos (VELOSO et.al, 2003:23). Os serviços prestados pelos indianos, em si, incluem atividades como programação, conversões, teste, depurações (*debugging*), instalação e manutenção de sistemas¹⁸.

A dependência do mercado externo é um dos principais elementos de continuidade da condição terciário-exportadora. Ela implica assumir o risco de flutuações no cenário econômico mundial e relegar o desenvolvimento de sistemas ou elos da cadeia mais complexos às empresas estrangeiras (D’COSTA, 2003:214). Além disso, conforme Heeks já argumentava (1998:15), pelo fato de se concentrar em atividades de programação, as exportações não exigem a construção de competências mais elevadas. Como grande parte deste trabalho é tediosa e não criativa, requer competências mais técnicas (pelo fato de não ser especializado em um segmento de mercado, não requer conhecimentos acerca de uma área de negócios específica) (ARORA e GAMBARDELLA, 2004:16).

¹⁷ Há que atentar para o fato de que os números para Irlanda são altos, muitas vezes por conta da atividade das multinacionais, que vendem produtos acabados e não desenvolvidos localmente. Além disso, D’Costa (2003:218) defende que o valor da receita guarda relações com o tamanho da empresa. Neste sentido, empresas grandes tenderiam a obter maiores receitas, uma vez que possuem mais recursos, retornos crescentes de escala e tendem a imputar maiores preços para seus produtos/serviços. Além do número de pequenas empresas na Índia, D’Costa (2003:218) argumenta também que as receitas relativamente menores na Índia podem ser resultados da falta de capacidade, por parte das firmas, em aumentar o preço de seus produtos/serviços por medo de perder contratos ou mesmo pela distância geográfica e cultural de países centrais.

¹⁸ E neste contexto, Giarratana et. al. (2006:211) defendem que as multinacionais não competiriam com as empresas indianas, por lhes terceirizar as atividades de menor valor, assumindo outras atividades, como BPO (terceirização dos processos de negócio).

Além disso, é verdade que o fator custo permanece elemento fundamental das vantagens comparativas indianas relacionadas à indústria de *software*. Segundo Commander et.al. (2008:196), os salários indianos representaram 10% dos semelhantes americanos. Se mantidas as comparações para os profissionais que trabalham na Índia, os gerentes recebem salários da ordem de três vezes maiores relativamente aos grupos de menores qualificações.

A chamada “diáspora indiana” é outro elemento que é entendido, por alguns autores, como responsável por dar continuidade à condição terciário-exportadora¹⁹. A preocupação de Schware (1992:154) e Arora e Gambardella (2004:11) faz referência a uma possível “fuga de cérebros” (*brain drain*) para os países desenvolvidos, principalmente, dos profissionais que atuam em atividades de maior valor agregado.

A complexidade acerca dos efeitos deste fenômeno é tal que mesmo autores mais otimistas fazem ressalvas (DOSSANI E KENNEY, 2007:11; DOSSANI E KENNEY, 2009:78). Uma delas reconhece que o fato de muitos dos trabalhadores não retornarem à Índia diminui os potenciais benefícios deste fenômeno²⁰.

Por outro lado, deve-se reconhecer o caráter de ruptura da condição terciário-exportadora à medida que evidências da realização de atividades de maior conteúdo tecnológico se apresentam. Dossani e Kenney (2009:77) afirmam que cerca de uma década atrás, havia um consenso de que a Índia realizava serviços de baixo valor, mas que as mudanças tecnológicas e o aprendizado dos trabalhadores revelam um quadro dinâmico em que um segmento de empresas complementa atividades mais rotineiras com a prestação de serviços inovativos de maior valor adicionado. Sobre isso:

Somente há vinte e cinco anos, o mundo real desmentia o argumento de que as nações em desenvolvimento, como Coreia e Taiwan, entrando na economia global na base de montagem de baixo custo nunca seria capaz de se mover para atividades de maior valor agregado (DOSSANI E KENNEY, 2009:99).

Para Altenburg et. al. (2008:331), as linhas de negócios intensivas em conhecimento (serviços de engenharia, P&D e produtos de *software*) são uma realidade crescente, tendo

¹⁹ Commander et.al. (2008:196) estimam que, em 2002, cerca de onze por cento dos desenvolvedores de *software* tenham realizado qualquer movimento de migração entre firmas.

²⁰ O autor apresenta um modelo estatístico que indica não haver “evidências de impactos negativos robustos de mobilidade [...] em algumas medidas simples de desempenho” (DOSSANI et. al, 2008:209).

evoluído de US\$2,9 bilhões em vendas em 2004 para US\$6,5 bilhões em 2009, o que representaria 17% do total de serviços.

Em outra aproximação, a OCDE (2010:12) afirma que há muitos casos de produtos avançados provenientes das principais empresas presentes na Índia e que nos últimos anos, as empresas incrementaram o fornecimento de soluções de *software*. Dentre eles, os *softwares* bancários da Infosys (Bankaway, Finance e Payaway), os pacotes da TCS para os setores bancário, de segurança, seguros, contabilidade e de saúde e o Teleprodigy, da Wipro, um sistema de faturamento para fornecedores de serviços de Internet sob a forma de um pacote de segurança.

As evidências da condução de atividades de maior valor agregado não estão restritas, no entanto, ao desenvolvimento de produtos de *software*. Segundo Arora e Gambardella (2001:11), no intuito de subirem na cadeia de valor, as principais empresas indianas como TCS, Wipro e Infosys começaram a prestar **serviços que envolvem conhecimentos específicos de negócio (*expertise*) e competências técnicas que vão além dos serviços de programação.**

Segundo Altenburg et.al (2008:331), Intel, Cisco, Siemens, SAP, IBM e Oracle, por exemplo, teriam aberto centros para desenho de *chip* ou pesquisa de *software* na Índia. Dossani e Kenney (2009:80) citam o caso da General Motors, cujo primeiro centro em P&D ultramarino foi localizado em Bangalore. No que tange às empresas indianas, a OCDE (2010:12) afirma que muitas “empresas pequenas e especializadas da Índia tem desenvolvido *software* para as áreas de contabilidade e finanças nos Estados Unidos, Reino Unido e Europa”.

Para esta transformação teriam contribuído, segundo Dossani e Kenney (2007:4), as políticas liberais de atração de multinacionais, pois teriam forçado a indústria indiana de serviços tradicional, dominada por grandes empresas, a competir com firmas detentoras de conhecimento e capital. “Em consequência, a indústria como um todo tem experimentado [...] maior desenvolvimento de produto e maior adição de valor”.

Teriam contribuído também as instituições de ensino e de tecnologia. Segundo Dossani e Kenney (2007:20), as escolas dedicadas ao ensino de engenharia têm crescido e um número de outros institutos de treinamento (como o NIIT e o Aptech) vêm preenchendo o *gap* entre a inércia da burocracia universitária em alterar os seus currículos e as demandas industriais dinâmicas. Não se podem descartar, também, as influências do Programa de

Parques Tecnológicos em *Software*, estabelecidos pelo governo indiano na década de 1990 para suprir deficiências do ambiente de negócios. Segundo Altenburg et.al. (2008:331), cerca de seis mil empresas beneficiam-se da infra-estrutura do Programa.

Além da própria realização de atividades de maior valor, outros elementos de originalidade se impõem para a configuração da indústria indiana. São, na verdade, fatores inerentes à construção dos contornos do setor neste país, mas que representam, para esta linha de argumentação, princípios menos de continuidade e mais de ruptura com o padrão terciário-exportador da indústria indiana.

Neste sentido, a diáspora indiana não é entendida como elemento de redução de competências. Ao contrário, nesta linha teórica a mobilidade dos trabalhadores é compreendida como um instrumento gerador de externalidades de rede, através do qual as pessoas aprendem e adquirem experiência técnica e de negócios que permite às empresas indianas algum sucesso na venda de produtos diferenciados (DOSSANI E KENNEY , 2007:16; DOSSANI E KENNEY et.al, 2009:189; COMMANDER et.al, 2008:201; ATHREYE, 2002:20 ARORA et.al, 2001:11; PONDÉ, 1993:33). Segundo esta vertente, ainda, os profissionais que emigram seriam importantes mediadores inter-culturais, estabelecendo contatos com a indústria indiana e facilitando contratos para projetos *on-site* e *offshore*, efeitos que iriam além da “circulação de cérebros”.

Como dito anteriormente, Dossani e Kenney (2007:11) observam que a permanência destes trabalhadores no exterior pode diminuir estes efeitos benéficos. Commander et.al. (2008:201), no entanto, acreditam que a “diáspora” seja um movimento temporário e que representa, sim, externalidades positivas para o país. E endossando a linha que entende este movimento como benéfico, Altenburg et.al. (2008:332) ressaltam a importância da permanência de trabalhadores indianos qualificados nos Estados Unidos. Segundo os autores, os indianos são os maiores receptores de vistos H1-B, através dos quais os norte-americanos esperam atrair profissionais altamente qualificados.

Por fim, outras evidências de que o país esteja passando por transformações vêm das crescentes pressões salariais (CHAMINADE e VANG, 2008:1690) e das próprias alterações nas demandas internacionais que, com o tempo, “mudaram em direção à condução de trabalhos mais complexos e de maior valor adicionado” (NICHOLSON e SAHAY, 2008:167).

O ponto central desta seção destaca uma ponderação entre as duas vertentes e chama a atenção para a crescente complexidade do caso indiano. Como afirmam Dossani e Kenney (2009:81), trata-se de mostrar que **o ecossistema que envolve as atividades de *software* na Índia expandiu-se e, mais interessante ainda, tornou-se complexo como nunca antes.** Uma representação útil para este raciocínio, apresentada por esses autores, aparece na figura 9, estilizada em três dimensões (número de trabalhadores, qualidade do trabalho e setores industriais) que representam a crescente fragmentação da indústria indiana. Segundo eles, a indústria de *software* indiana expandiu o escopo de atuação para além das atividades de programação e implementou desenvolvimentos em novas direções em termos de mercado atendido e competências de desenvolvimento, embora permaneça concentrada em atividades de baixo valor.

Figura 9: Representação estilizada das atividades de prestação de serviços na Índia, 2007

Fonte: DOSSANI e KENNEY (2009:80).

Em poucas palavras, as evidências acima sugerem que cresceu a sofisticação do serviço fornecido pela indústria indiana, muito embora seu amadurecimento não escape a uma trajetória (*path-dependence*) que pode ter apenas começado a evoluir na cadeia de valor. O que parece prevalecer agora é uma diversidade de empresas, que passam por grandes integradoras como a TCS e a Wipro até pequenos fornecedores. Ao que parece, as firmas não têm se movido à Índia motivadas pelo acesso a profundos reservatórios de conhecimento, mas

sim, por causa da existência de uma força de trabalho de baixo custo relativo e capaz de ser treinada para conduzir trabalhos mentais. Embora esta situação possa mudar, “sua atratividade está baseada nas suas competências gerais, ao preço certo, e não que a Índia seja o único lugar onde há trabalhadores capazes de conduzir tarefas específicas” (DOSSANI E KENNEY, 2009:103).

A despeito das crescentes transformações, conservam-se alguns obstáculos à transição da indústria de *software* indiana para um setor pleno em suas funções. A dependência das exportações de serviços com conteúdo tecnológico modesto, as relativamente poucas atividades de desenvolvimento de produto, o baixo investimento em P&D e a potencial concorrência da China, que também estabeleceu centros de *outsourcing*, são algumas das limitações à sustentabilidade econômica do tipo de indústria que ainda prevalece na Índia (ARORA, 2006:1; ARORA, et.al, 2001: 1268; D’COSTA, 2003:211, ROSELINO, 2006:82; COMMANDER, 2003:9; CHAMINADE e VANG, 2008:1690; ATHREYE, 2005:10; CORREA, 1996:178; OCDE, 2010:39; DIEGUES e ROSELINO, 2008:160).

A indústria indiana não deixa de representar, portanto, um caso de sucesso comercial, com evidências da condução de atividades de maior valor agregado. Se o país será capaz de capitalizar sobre a grande disponibilidade de mão-de-obra para lograr um modelo de inserção baseado em atividades multiplicadoras do desenvolvimento ou se permanecerá trancado (*locked-in*) a uma trajetória de desenvolvimento dependente e por se basear em operações da etapa de “manufatura” do *software*, são todas questões em aberto.

3.4 Irlanda: exportação de produtos de alto valor com baixo conteúdo local

A estruturação da indústria de *software* irlandesa guarda algumas divergências com relação ao modelo indiano (que serão exploradas mais à frente), embora também seja conhecida como um caso de sucesso exportador. Uma delas é o fato de que, enquanto o último estabeleceu-se sobre a base de realização de serviços *on-site*, a Irlanda contou com a instalação das empresas estrangeiras para execução de atividades de produto sob a base *offshore*. Por estas características, o país é entendido por uma linha teórica como refém dos mesmos tipos de limitações a que estão passíveis os indianos.

No entanto, outra linha de pensamento acredita que a pujança das atividades do setor de *software* tem sido um elemento-chave para a transição do país à economia do conhecimento. Por esta diversidade teórica, esta seção pretende evitar o julgamento

peremptório do caso irlandês, avançando na compreensão das complexidades dos elementos que a constituem²¹.

3.4.1 A constituição do Tigre Celta

Antes da década de 1990, a indústria de *software* irlandesa estava em sua infância, mas o governo já havia fomentado as bases para o seu crescimento desde a década de 1970 através de organizações como a Agência de Desenvolvimento IDA (*Ireland Development Agency*), que buscava selecionar empresas “campeãs nacionais” em setores de alta tecnologia, além da implementação de políticas de incentivo ao capital estrangeiro.

Durante os anos 1980, várias empresas multinacionais instalaram-se no país: Apple (1980), Fujitsu (1980), Wang (1980), AT&T (1982), IBM (1983), Lotus (1984), Microsoft (1985), Oracle (1987), Claris (1988) e Corel (1989). E uma das ações centrais do governo para incentivar esta entrada foi a implementação da menor tarifa européia em manufatura (10%). Seguiram-se a esta outras políticas e incentivos fiscais no intuito de incentivar o investimento direto estrangeiro – principalmente, em áreas de alta tecnologia como informática e farmacêutica.

Ao contrário do caso indiano, em que as estrangeiras seguiram o nascimento da indústria doméstica, aqui, elas chegaram antes. Suas operações no país incluíam a duplicação de discos, impressão de manuais e montagem de pacotes “semi-prontos”. Ao longo do tempo, estas empresas passaram a realizar tarefas conhecidas como **localização**, que significam a “tradução” de produtos de *software* já desenvolvidos para linguagens e formatos apropriados para os diferentes mercados europeus (SANDS, 2005:48; COE, 1999:47; ARORA et. al, 2001:10; GIARRATANA et.al, 2005:211).

Com relação às firmas irlandesas, a maioria delas fornecia produtos que exigiam competências técnicas e evitava a competição direta com firmas americanas dominantes nos mercados de *software* pacote (ARORA et.al, 2001:14; ARORA e GAMBARDELLA, 2004:5). Por causa do tamanho reduzido do mercado doméstico, as firmas irlandesas foram obrigadas a buscar as vendas no exterior no estágio inicial da indústria, diferentemente de seus pares em outros países desenvolvidos.

²¹ Os acontecimentos recentes envolvendo a macroeconomia da Europa e das suas periferias internas não são objeto de análise, em que pesem os seus efeitos.

Nos anos 1980, a indústria doméstica ainda era dominada por poucas firmas que ofereciam serviços e consultoria a empresas que estavam iniciando a utilização de ferramentas de tecnologia de informação. Moynihan (2008:16) apura que as empresas eram de pequeno porte. Segundo o autor, em 1988 havia 305 empresas registradas na IDA, das quais apenas nove tinham mais de cinquenta empregados. E desta nove, cinco eram estrangeiras. As nacionais representavam, então, 73,7% das empresas do setor.

Havia algumas formadas por iniciativas governamentais e um número delas originadas (*spin-offs*) de Universidades. Algumas delas começaram suas atividades fornecendo serviços e passaram, mais tarde, a produtos. E várias delas realizavam projetos para as subsidiárias das empresas estrangeiras localizadas na Irlanda. Algumas também começaram desenvolvendo *softwares* para pequenos clientes em nichos de mercado e depois se internacionalizaram. O ponto central é que grande parte delas permaneceu no mesmo setor (vertical) de atuação, associado a menores barreiras à entrada e em que a empresa começa produzindo bens para um cliente individual e depois se expande para outros clientes em nichos diferentes.

Ao final desta década, havia três organizações estatais principais na Irlanda que, embora distintas em funções, contribuíram para a constituição de uma indústria de alta tecnologia em um país sem tradição no desenvolvimento de atividades vinculadas às tecnologias de informação e comunicação (TICs) e que aproveitou o crescimento dos mercados europeus e da demanda internacional por *software* naquele período: IDA, EOLAS (*The Irish Science na Technology Agency*) e FÁS (*The Training and Education Authority*). A IDA era a agência governamental responsável pelo fomento dos investimentos estrangeiros. A EOLAS recomendava políticas ativas para a inovação e a sustentabilidade da indústria de TI de forma geral. E a FÁS contribuía com o treinamento de pessoal. Segundo Moynihan (2008:21), em 1986, cinquenta e cinco pessoas receberam treinamento da organização.

O reconhecimento da importância dos recursos humanos, desde este período, foi fator fundamental em direção à busca pela economia do conhecimento. Ainda na década de 1970, a Irlanda já havia investido na criação de escolas técnicas que mais tarde se tornariam Institutos de Tecnologia para complementar seu sistema universitário. Estas iniciativas resultaram, segundo Moynihan (2008:22), no aumento de estudantes engajados no ensino superior de 21.000 em 1966 para 70.000 em 1990.

Como parte dos esforços para seu desenvolvimento do capital humano, o sistema educacional foi reestruturado e o Estado responsabilizou-se pela criação de instituições de

ensino técnico e superior e pela expansão de vagas em engenharia e ciências da computação nas décadas 1980 e 1990 (COE, 1999:39; WICKHAM e BRUFF, 2008:34). A ênfase nestes cursos, segundo Sands (2005:62), deu frutos. A autora afirma que em 1998, um quarto dos ingressantes no ensino superior estava engajado em cursos técnicos. Estas ações não só propiciaram um meio adequado ao desenvolvimento das empresas irlandesas, como foram uma das principais “armas” na atração de investimento direto estrangeiro e combustível para as indústrias inovativas.

Este período presenciou grande crescimento (4,8% entre 1990 e 1995 e 9,5% entre 1995 e 2000), pelo qual o país ficou conhecido como “Tigre Celta”. Até 2008, o crescimento do país girou em torno de 4,5%. E neste contexto, o setor de *software* foi um dos que mais cresceram. Nos anos 2000, a Irlanda havia se tornado o centro europeu para manufatura e distribuição de *software* das principais empresas do setor, respondendo por 40% de todo o *software* pacote e 60% dos serviços vendidos pelo setor no continente. Neste período, o país foi reconhecido como o principal exportador mundial de serviços (MOYNIHAN, 2008:25).

Sem dúvidas, estes números refletem a magnitude da indústria irlandesa, principalmente em seu âmbito externo. No entanto, é preciso um exame mais detalhado a respeito das características do modelo de organização do setor para poder avaliar se a natureza das atividades realizadas no país, mesmo que sofisticada, cumpre o papel de espalhar oportunidades de desenvolvimento para outros setores de atividade econômica ao longo das cadeias produtivas.

3.4.2 Estrutura do setor: elementos de continuidade e ruptura

Ao longo das duas últimas décadas, a Irlanda migrou de uma economia agrícola para uma baseada em indústrias intensivas em conhecimento, das quais o *software* é um dos expoentes. Este crescimento econômico, que a tornou conhecida como o Tigre Celta, aliado à pujança da indústria de *software*, sobretudo no mercado externo, faz da indústria irlandesa objeto de atenção e referência para este estudo. Este crescimento, como se verá adiante, é conduzido por dois modos distintos de integração à economia global: a acolhida de empresas ativas nas redes globais de produção e a integração das firmas domésticas ao mercado às redes produtivas e tecnológicas internacionais (Ó RIAN, 2000:158).

A indústria irlandesa é um dos grandes exportadores mundiais de *software*, junto com Índia e Israel. Em 2007, contava com cerca de cinco mil empresas na área de serviços de

informática, que empregavam aproximadamente trinta e quatro mil pessoas. Dos três países exportadores, de fato, é o que menos emprega, em números absolutos. No entanto, é o segundo deles em termos da participação relativa destes trabalhadores na população total, fato que indica a maior concentração relativa dos trabalhadores irlandeses em indústrias do conhecimento. O anexo 4 apresenta a decomposição das atividades que compõem o setor de *software* na Irlanda, segundo as bases de dados oficiais.

A disponibilidade da Irlanda de capacitações em mão-de-obra (COE, 1999:43; SANDS, 2005:41; ARORA et.al, 2001:26) encontra respaldo no fato de que 57% dos 48.000 graduados em 2004 estavam concentrados nas áreas de engenharia, ciências da computação, administração ou ciências²² (MOYNIHAN, 2008:31). Além desta informação, os dados de gasto em P&D confirmam esta evidência. A indústria de *software* irlandesa gastou, em 2007, 393 milhões de euros nesta rubrica (CSO, 2009b). Além disso, o setor foi o maior empregador de profissionais em pesquisa: em 2007: cerca de 30% de todo o pessoal envolvido em pesquisa trabalhou nesta indústria. Como mostra a tabela 8, a proporção de pesquisadores na indústria de *software* foi maior em relação ao setor de serviços e à economia como um todo.

Tabela 8: Pesquisadores e profissionais envolvidos em P&D para os setores de *software* e serviços e total da economia, Irlanda, 2007

	<i>Software</i>	%	Serviços	%	Economia	%
Número de pesquisadores	2.869	66%	4.670	64%	8.242	59%
Outros profissionais de P&D	1.464	34%	2.649	36%	5.709	41%
Total de profissionais em P&D	4.333	100%	7.320	100%	13.950	100%

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados do *Central Statistics Office/Forfás*.

Em termos de receita, ela é comparável às indústrias israelense e brasileira, apesar de ter o menor número de firmas e empregados dentre os 3Is, o que demonstra, em um primeiro olhar sobre os números, sua maior produtividade relativa. E este feito é confirmado se observarmos os valores de receita por empregado, em que a Irlanda possui o maior índice: cerca de US\$ 345 mil ante US\$ 27.000 ou US\$ 51.000 na Índia, US\$ 115.000 em Israel e US\$ 99.00 no Brasil. Interessante pontuar que o custo dos profissionais do setor na Irlanda é

²² Arora et. al. (2001:26) chegam a atribuir à disponibilidade de mão-de-obra a responsabilidade pelo fato de países como Portugal ou Espanha não terem desenvolvido uma indústria de *software* significativa.

praticamente igual ao brasileiro, medidos pela remuneração por empregado (US\$37.000 e US\$34.880 respectivamente).

Outra semelhança com o caso brasileiro, que será detalhado no próximo capítulo, relaciona-se ao pequeno porte das empresas. A maioria absoluta (90,21%) delas está definida como aquelas que apresentam até nove empregados, embora sejam as grandes (com mais de cinquenta empregados) que concentrem a maioria dos trabalhadores (60,25%) e do valor adicionado bruto (66%). No entanto, a diferença notável entre os modelos industriais dos dois países é a orientação de mercado. Na Irlanda, a exportação é o grande viés do setor. Em 2008, o país exportou cerca de US\$ 17 bilhões²³ em serviços de informática e importou US\$ 526 milhões, o que dá um saldo exportador de praticamente 97%²⁴ (CSO, 2009).

Feito este panorama, não restam dúvidas que a indústria irlandesa represente – de forma semelhante ao caso indiano – um sucesso comercial. As preocupações surgem quando se imagina que o papel do setor seja servir de plataforma de exportação, para o continente europeu, de empresas multinacionais - em grande parte, americanas (SANDS, 2005:45; COE, 1999:36; WICKHAM e BRUFF, 2008:36; ARORA, et.al, 2001:13). Em 2008, 87% do que foi exportado do setor, teve a Europa como destino e do que foi importado, os Estados Unidos responderam por 41% (CSO, 2009).

As multinacionais utilizam a Irlanda como uma plataforma de exportação para o mercado europeu, ao mesmo tempo em que aproveitam o ambiente fiscal favorável. Contudo, dado o tamanho limitado do mercado doméstico, as exportações são muito importantes para o próprio sucesso das empresas nacionais (SANDS, 2005:45).

O entendimento dos contornos da indústria irlandesa passa pela diferenciação da natureza das atividades de *software* por origem de capital das empresas. Apesar de os números gerais revelarem uma grande produtividade relativa da indústria irlandesa como um todo, uma linha de argumentação ressalta que as tarefas realizadas pelas empresas irlandesas parecem ser distintas das praticadas pelas multinacionais, em que as primeiras seriam

²³ Valores convertidos à taxa: €1 = US\$1,3019.

²⁴ É preciso lembrar, no entanto, que a Irlanda oferece um dos regimes fiscais mais atrativos do mundo para o setor empresarial, elemento frequentemente apontado na literatura como fator chave para a atração de investimentos diretos estrangeiros. Ela apresenta a menor alíquota de imposto de renda de pessoa jurídica de toda a União Econômica e Monetária Européia, de 12,5% em 2011. No Brasil, as alíquotas em vigor prevêm 15% sobre os lucros real ou presumido. Há um adicional de 10% sobre valores que ultrapassam R\$ 20.000,00 ao mês. Além deste imposto, as empresas pagam também a Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (<http://www.receita.fazenda.gov.br/>)

responsáveis por processos mais rotineiros de baixo valor, devido ao seu menor faturamento relativo (ROSELINO, 2006:92). Dediquemos um tempo à análise desta dicotomia

As multinacionais (MNCs), a despeito de serem menores em número, concentram trabalhadores, os salários pagos, e, mais importante, a receita e o valor adicionado do setor²⁵ (SANDS, 2005:43), como mostra o gráfico 2. O fato de a Irlanda ser um dos dois países de idioma inglês no continente europeu, a proximidade histórica com os Estados Unidos e sua política de atração de investimentos são, de partida, fatores que explicam a origem da presença das MNCs no país. Além disso, não se podem esquecer os esforços em criar uma indústria de alta tecnologia, que fizeram com viesse uma enxurrada de empresas estrangeiras na década de 1980.

É verdade que elas são, em larga escala, responsáveis pelas vantagens competitivas irlandesas em *software*. Sem elas, demanda e acesso aos mercados internacionais se tornaria muito difíceis. Além disso, argumenta-se que elas foram fontes geradoras de emprego e de melhorias para seus fornecedores, pelo fato de representarem uma demanda sofisticada

Por outro lado, há que reconhecer que grande parte das subsidiárias realiza tarefas de customização de produtos, o que faz com que grande parte do valor final destes produtos seja gerada fora do país, em atividades localizadas no extremo superior da cadeia de valor, feitas pelos departamentos de P&D das matrizes destas empresas. A crítica que se faz à atuação destas empresas é que ela teria surtido pouco efeito em termos de estímulo ao desenvolvimento de um sistema nacional de inovação e ao crescimento das empresas irlandesas através de *spin-offs* (SANDS, 2005:65).

²⁵ Sands (2005:45) estima que as empresas multinacionais “inflem” as estatísticas para a Irlanda em cerca de seis vezes.

Gráfico 2: Comparação entre empresas irlandesas e estrangeiras, com mais de vinte empregados: indicadores seleccionados, 2008

Fonte: Elaboração própria com base na base de dados do *Central Statistics Office*.

Nota: Dados para empresas com mais de vinte empregados.

No entanto, há que considerar uma perspectiva em que as empresas nacionais não desenvolveriam apenas atividades mais rotineiras, mas que forneceriam **soluções em forma de serviços e produtos verticais**, ao setor financeiro (*front e back office*), de telefonia móvel, segurança, CRM (*Customer Relationship Management*) e telecomunicações (SANDS, 2005:48; MOYNIHAN, 2008:56). Trata-se, segundo esta perspectiva, de um setor fragmentado em empresas de pequeno porte, com forte orientação exportadora e que atendem alguns nichos principais, listados a seguir. A figura 10 sintetiza a divisão do trabalho em *software* na Irlanda entre empresas nacionais e estrangeiras.

- Soluções em aplicações para o setor financeiro (Fineos, Eontec, CR2, Norkom);
- Soluções para pagamentos eletrônicos (Baltimore, Eurologic, Trintech, cardBASE, Orbiscom);
- *E-learning* (sistemas de ensino eletrônicos), (Skillsoft, Riverdeep, WBT Systems);
- *Middleware* para sistemas abertos (IONA Technologies, Cape Clear, Macalla);
- Desenvolvimento de *software* para telecomunicações (Marconi, Network365, Xiam, Amphion, MobileAware, Propylon, West Global);

- Projetos de *software/hardware* (Parthus-Ceva, Massana).

Figura 10: Principais atividades das empresas de *software* na Irlanda

Fonte: Sands (2005:48).

Esta perspectiva parece retratar com mais fidelidade um modelo de organização mais complexo que o originalmente predito pelos “modelos de sucesso exportador” que, em certo sentido até se assemelha à indústria brasileira, pela fragmentação do mercado e os nichos atendidos, e que deve ser segmentado entre as atividades realizadas pelas empresas nacionais e estrangeiras.

De fato, a indústria irlandesa como um todo parece realizar atividades de maior valor em comparação com os indianos. Por esta razão, pode-se dizer que se trata de uma **indústria que consegue agregar valor aos produtos industriais e que tem um conteúdo de trabalho mais criativo em relação aos asiáticos, mas que ainda permanece com algumas amarras ao aproveitamento pleno das possibilidades oferecidas pelo *software*** por, da mesma forma que eles, vincular seu desempenho às demandas internacionais.

Ao contrário do caso indiano, economias mais desenvolvidas e menores em população, como a Irlanda, não podem contar com o mesmo volume e tipo de mão-de-obra que países como a Índia. Por consequência, as possibilidades quanto ao *software* a ser desenvolvido também sofrem alterações. Não é possível, para a Irlanda, realizar projetos que

envolvem milhares de trabalhadores. Ao invés disso, o país segue o desenvolvimento de produtos de *software*, valendo-se das competências criadas com os incentivos de políticas públicas, tendo a possibilidade de pagar salários mais altos, e realizando funções de mais alto nível, que **exigem menos volume de pessoas e mais de qualificações**.

Em termos de funções de desenvolvimento, a Irlanda não tem se convertido em uma base de programação *offshore* na mesma magnitude que a Índia. As grandes empresas nacionais e as *joint-ventures* que conduzem tarefas de programação rotineiras para as clientes multinacionais não surgiram. No entanto, há vários exemplos de centros de desenvolvimento para firmas multinacionais. Elas geralmente se estabelecem para beneficiar-se das competências particulares da mão-de-obra irlandesa, ao invés de buscarem economias de custo (COE, 1999:50).

Ora, conforme mostram os números do início da seção, **alguns elementos parecem reforçar o caráter dependente do modelo**. A começar pelas iniciativas de política que tiveram início ainda na década de 1950, mesmo elas podem ser entendidas como um elemento de reforço da característica dependente desta indústria, uma vez que incentivaram um modelo de crescimento baseado no mercado externo e na atração de investimentos estrangeiros, e que incluíam investimentos em infra-estrutura física e humana, mas, sobretudo, incentivos fiscais (SANDS, 2005:60; COE, 1999:45; WICKHAM e BRUFF, 2008:33).

Além disso, como mostram os dados oficiais da Irlanda, a indústria **permanece** fortemente voltada ao setor externo, cujos salários, receitas e trabalhadores permanecem ancorados nas atividades *offshore* das empresas multinacionais. E esta evidência é confirmada pela literatura. Segundo Moynihan (2008:52), a Europa ainda é a maior destinatária das exportações da Irlanda (90% delas), o que reforça as idéias de que ela funcione como plataforma de exportações. Ainda, os Estados Unidos permanecem como maior fonte de investimentos em TICs, embora seja importante dizer que como mercado, represente 3,4% das exportações do setor.

E, nesta perspectiva, o foco em produto não representa uma vantagem, por exemplo, com relação à Índia, no que se relaciona com a perspectiva de um desenvolvimento mais autônoma, uma vez que as funções hierarquicamente superiores na cadeia de valor permaneceriam restritas às sedes das empresas multinacionais. Ele representaria, na partida, uma vantagem sobre o primeiro modelo se eles não chegassem à Irlanda semi-acabados. No entanto, as atividades realizadas na Irlanda, como um todo, não envolvem a alteração das

características principais (*kernel*) do programa, mas principalmente **a tradução de códigos voltados à interface** com o usuário (ROSELINO, 2006:93; COE, 1999:47).

Conclui-se que este modelo é certamente gerador de elevadas receitas externas, mas é bastante limitado no sentido de desenvolver **competências locais apropriáveis por outros segmentos da estrutura produtiva** [grifo do autor] e representa uma trajetória caracterizada por reduzida autonomia tecnológica. A indústria de *software* é quase como um “corpo estranho” no contexto da estrutura produtiva irlandesa, um “implante” incapaz de constituir relações orgânicas com as atividades locais (ROSELINO, 2008:21).

Esta linha teórica atribui ao caso irlandês uma dependência intrínseca às demandas internacionais, tecnologicamente a elas subordinada. “Ainda que com diferenças significativas em sua especialização com relação ao modelo indiano, esta dependência representa também uma forma de inserção direcionada ao desenvolvimento de funções hierarquicamente inferiores das cadeias produtivas globais do *software*” (ROSELINO et.al, 2008:14). Embora menos intensiva em mão-de-obra que os indianos, a indústria irlandesa também situar-se-ia em estágios posteriores às funções estratégicas do processo produtivo do *software*”, devido ao seu baixo conteúdo local (GIARRATANA et.al, 2005:212).

Por outro lado, há que ressaltar as possibilidades **de ruptura com o desenvolvimento dependente da indústria** que têm se apresentado através de evidências de que a indústria irlandesa estaria se vinculando a atividades mais autônomas (que divergem do modelo tradicional terciário-exportador) e de maior conteúdo local. Giarratana et.al. (2005:211) afirmam que, desde a década de 1990, as empresas que entraram na Irlanda “têm tido um nível de integração maior com a economia local, comparadas com as antigas entrantes, e conduzido uma variedade maior de atividades, que incluem o desenvolvimento de *software*”.

Assim, a primeira evidência de oposição em relação à condição terciário-exportadora da indústria irlandesa vem das transformações produtivas recentes originadas na própria natureza das atividades de *software* desenvolvidas no país. Segundo esta argumentação, as empresas estabelecidas teriam expandido seu escopo de atuação. Moynihan (2008:25) afirma que a base de custo e os níveis de instrução crescentes são indícios de que as competências irlandesas têm se tornado mais sofisticadas do que já eram.

E, apoiadas nestas competências, as atividades de produção de *software* teriam se tornado mais complexas: “Os custos crescentes da Irlanda tornaram a sobrevivência das atividades de manufatura e que não são capital-intensivas ou de alto valor adicionado mais

difíceis” (MOYNIHAN, 2008:25). Um exemplo disto seria a Peregrine Systems Ltda, empresa fornecedora de produtos e serviços para a indústria de cartões de pagamentos. Segundo Arora et al. (2001:12), a firma empreendeu vários esforços de proteção da propriedade intelectual devido ao desenvolvimento de tecnologia proprietária.

Há que considerar, também, que os **custos** da mão-de-obra do país (que de fato são mais elevados que países como a Índia) indicam que, em um período histórico em que as empresas buscam realocar suas atividades de manufatura em localidades que oferecem vantagens em custo, os investimentos na Irlanda seriam mais estratégicos por estarem orientados pelas competências dos profissionais e não por vantagens em custo. Exemplos destes investimentos vêm da Google, a Yahoo Inc. e a E-bay, que estabeleceram escritórios em Dublin.

Além de encorajar estes investimentos, o governo irlandês atua empreendendo **políticas** para fomentar a escalada do setor na cadeia de valor através de vários programas de P&D. Uma das iniciativas mais importantes neste sentido aconteceu com a reestruturação da governança do setor, em 1994, que tratava de vários organismos do setor, não só a indústria propriamente dita. Resultado deste posicionamento foi a criação do Forfás, um comitê de inovação responsável pela coordenação das políticas para o setor de TI.

Ainda outra evidência da transformação deste modelo, segundo Moynihan (2008:25), vem da própria **aglomeração** da indústria em *clusters*. É verdade que a Irlanda tem uma das maiores concentrações de indústrias e empregos em TI, o que a tornou conhecida como o “Vale do Silício” europeu²⁶. Segundo esta argumentação, além dos efeitos de rede provocados pelas economias de aglomeração, aliado ao próprio crescimento do setor de *software*, são condutores da transição da Irlanda para a economia do conhecimento, aproveitando a transversalidade do *software* e sua capacidade de transformar as possibilidades de desenvolvimento de outras cadeias produtivas.

Um indicativo ainda modesto, porém muito importante na transformação da configuração da indústria irlandesa é o fato de que as empresas nativas estarem, crescentemente, voltadas para o mercado interno, uma vez que “as empresas estrangeiras são mais voltadas à exportação que as irlandesas” (MOYNIHAN, 2008:26). O autor apura que no período compreendido entre 1995 e 1999, 94% da receita das multinacionais foram provenientes de exportações, enquanto este índice para as nacionais ficou em 50%.

²⁶ Os *clusters* estão localizados Dublin, Cork, Limerick/Shannon e Galway.

E, por fim, outro elemento que indica ruptura com a condição terciário-exportadora da indústria irlandesa é a chamada **diáspora reversa**, ou seja, o retorno de pessoas que trabalhavam fora do país ou para as subsidiárias das multinacionais na Irlanda, fenômeno que teria se intensificado a partir de 1996. Os profissionais começaram a emigrar, dentre outras razões, na década de 1980 como reflexo do predomínio de atividades de baixo valor no país e que vislumbravam melhores oportunidades de trabalho em outros países. Ocorre que, como Moyninhan (2008:30) ressalta, com o aquecimento da economia na década de 1990, houve uma reversão nos padrões de migração. Os profissionais estariam voltando à Irlanda e trazendo consigo outros profissionais e, muitas vezes, fundando empresas no país.

Em resumo, esta seção preconiza uma visão mais moderada acerca do caso irlandês, que considera as limitações de uma indústria dependente de demandas externas, mas que entende as evidências de que o crescimento quantitativo descrito no início desta seção possa ter sido acompanhado por um salto qualitativo do modelo de organização da produção da Irlanda que destaca um aumento da integração da indústria de *software* com o sistema produtivo local. Este modelo, inegavelmente gerador de elevadas receitas externas, não pode ser visto somente no sentido de que não consegue desenvolver competências locais apropriáveis por outros segmentos da estrutura produtiva.

O caso irlandês corrobora a visão de que os transbordamentos (*spillovers*) de conhecimento e tecnologia para as empresas nacionais não sejam automáticos e que, talvez, a maioria das empresas irlandesas não consiga, de fato, capturar as externalidades positivas advindas das estrangeiras. É possível que grande parte delas não tenha construído competências tecnológicas robustas para lograr uma inserção internacional baseada em atividades de maior valor agregado e que não exerça efeitos catalisadores sobre a estrutura produtiva local. No entanto, é preciso reconhecer que, em uma economia dinâmica e em que as empresas aprendem, as evidências de que o país possa ter criado competências na direção contrária são possíveis, independentemente de sua força ou seus resultados.

3.5 Israel: exportação de produtos de alto valor com alto conteúdo local

Esta subseção trata dos limites e possibilidades do modelo de negócios da indústria de *software* israelense na divisão internacional do trabalho, no âmbito das transformações produtivas recentes do setor. O traço distintivo da indústria israelense é o fato de estar mais voltada, dentre os casos apresentados até este ponto, a um “**modelo de desenvolvimento**”

(ARORA e GAMBARDELLA, 2004:6). Apesar de estar vinculada a atividades de maior valor agregado, o modelo israelense contrapõe, de forma análoga à Índia e Irlanda, perspectivas de estudiosos acerca da sustentabilidade econômica de uma indústria voltada ao atendimento das demandas externas, apesar de estar mais vinculada a atividades de maior valor agregado.

Da mesma forma que as análises anteriores, trata-se menos de enquadrar o caso israelense em um panorama estático e mais de apontar a trajetória e as transformações recentes da indústria, ainda que aventadas por abordagens distintas, no intuito de apreender os elementos dinâmicos que condicionam a posição do país na divisão internacional do trabalho em *software*. Ao mesmo tempo em que há elementos que parecem indicar uma autonomização da indústria doméstica, grande parte da indústria israelense permanece vinculada à indústria americana. Por isso, uma forma mais promissora de entender a estruturação das atividades de *software* em Israel identifica elementos de reforço e ruptura de antigas hierarquias. Passemos à análise da formação desta trajetória.

3.5.1 Raízes da estruturação industrial e institucional

A indústria de *software* israelense tem grande parte de suas raízes nas demandas do setor militar (GIARRATANA et.al, 2005:212). Breznitz (2007:1469) conta que a história da indústria israelense de informática começou antes mesmo que o Estado de Israel se tornasse independente, no final da década de 1940:

Em 1947, o Comitê Consultivo do Departamento de Matemática Aplicada do Instituto Weizmann [...] consistia de Albert Einstein, Hans Kramer, Robert Oppenheimer, John Von Neumann e Abram Pais. Eles recomendaram que o Instituto construísse um computador eletrônico digital – um compromisso público inicial notável para o desenvolvimento da computação.

Um fator crítico para o sucesso da indústria foram as políticas industriais e a atuação do Estado, que assumiu papéis de incentivo à atividade dos empresários, além de atuar como cliente, fonte de tecnologias e produtos em si. Como Breznitz (2007:1471) afirma: “O Estado foi o ator social que canonizou um modelo de negócios sob o qual as firmas israelenses concentraram-se em atividades de P&D, deixando às firmas americanas as funções de *marketing* e distribuição”.

Em outro trabalho, o autor conclui: “O Estado, nesta visão de desenvolvimento econômico (que enxerga a P&D industrial como ponto focal para o crescimento econômico), não tem a capacidade de selecionar vencedores e perdedores, mas um papel crítico em assistir àqueles que querem tornar-se vencedores” (BREZNITZ, 2005:43).

Um ponto central aos esforços tecnológicos do país aconteceu em 1968, por ocasião de um embargo militar francês a Israel, ao qual se seguiram amplos investimentos em P&D para o setor militar. Desde esta época, portanto, a P&D era uma meta clara da política científica e tecnológica israelense. Tanto era que grande parte dos fundos de financiamento para a indústria de *software* só poderia ser acessada mediante a realização de atividades de P&D.

Em linhas gerais, durante os anos 1960 e 1970, as raízes da indústria de *software* haviam sido plantadas e algumas poucas empresas de *hardware* já haviam se internacionalizado. O setor de *software* em si era praticamente inexistente e consistia de algumas firmas estatais e centros de processamento de dados voltados à prestação de serviços (BREZNITZ, 2005:17).

Importante registrar que, diferentemente das empresas de *software* de outros países emergentes, as firmas israelenses, em sua origem, **já contavam com um aparato de empresas de *hardware* (que atuavam tanto como fonte de demanda e *expertise*), com um mercado local bem desenvolvido e com usuários sofisticados.** Além disso, já havia uma massa crítica de profissionais formados pelas instituições militares e de ciência e tecnologia.

A diminuição das demandas do setor militar, nos anos 1980, impulsionou o setor privado. Outras transformações do período, como a difusão dos PCs e o estabelecimento de padrões pela Microsoft, também abriram mercados para o país e expandiram as fronteiras globais. Outras importantes iniciativas foram a Lei de P&D de 1984 e o reconhecimento do *software* como um ramo industrial em 1985, ações que engendraram um modelo de negócios sob o qual as empresas israelenses concentraram-se em atividades de P&D, deixando às firmas americanas as funções de *marketing* e distribuição (BREZNITZ, 2007:1474).

Esta época marca um processo de amadurecimento das operações da indústria de *software*, de intensificação da captação de recursos de financiamento e de surgimento de um número de empresas – muitas das quais se internacionalizaram (BREZNITZ, 2007:1474). Nos anos 1990, os nichos de segurança de dados e de *software* para telecomunicações expandiram-se, este último como decorrência das atividades da indústria de *hardware*.

Em resumo, a indústria de *software* israelense nasceu ancorada na demanda doméstica

por sistemas de segurança e nos incentivos dados pelos fundos públicos de financiamento, independentemente da entrada de MNCs. Ao longo do tempo, o crescimento do setor foi conduzido pelo comércio externo (sobretudo, com os Estados Unidos e Europa) e alavancado, nos anos 1990, pela entrada maciça de investimento direto estrangeiro. Estas considerações são importantes, na medida em que iluminam o desenvolvimento de uma indústria intensiva em P&D e ligada ao capital, se não ao sistema, norte-americano.

3.5.2 Estrutura do setor: elementos de continuidade e ruptura

Desde a década de 1990, a indústria de *software* israelense tem apresentado desempenho comercial exitoso. Em 2006, empregou 96.200 pessoas, o que equivale a 3,4% dos empregos da economia. Em número de empregados, é maior que a irlandesa, mas menor que a indiana (CBS, 2009). O setor somou receitas de onze bilhões de dólares em 2006, o que a torna comparável à indústria irlandesa e mesmo a brasileira, que será apresentada no capítulo 4.

O traço distintivo da indústria israelense, relativamente aos outros casos estudados, é a concentração em P&D. Em 2006, 52% dos empregos da indústria de *software* estavam relacionados à atividade de P&D. Outro dado revela que 24% do gasto total em P&D em Israel estiveram concentrados nesta indústria. A maioria das empresas (76%) declarou possuir uma unidade de P&D separada. O gráfico 3 mostra os dados de receita do setor e gasto em P&D para a última década disponível.

Gráfico 3: Receita do setor e gasto em P&D para *software* e serviços relacionados, Israel, 1997-2006

Fonte: Elaboração própria a partir da publicação *Survey of Business Research and Development*, Central Bureau of Statistics, Israel, 2006.

Notas: *Convertido à taxa US\$1= NIS3,764.

** A preços de 1997.

A indústria de *software* israelense está baseada na exportação de produtos, concentrada em quatro empresas líderes - Amdocs, Comverse, Mercury Interactive e Checkpoint Software Technologies (BREZNITZ, 2007:1466). Como consequência do *lock-in* em trajetórias tecnológicas no setor, os israelenses voltaram-se à ocupação de nichos de mercado não preenchidos pelas firmas norte-americanas, que incluem utilidades de comunicação, ferramentas de antivírus e ferramentas de administração de banco de dados, produtos do elo mais alto na cadeia de valor (GIARRATANA et.al, 2005:213). Por estas razões se pode dizer que, de forma simplificada, a indústria israelense está apoiada majoritariamente na produção de bens de alto valor com alto conteúdo local.

Mas os parágrafos seguintes estão dedicados a mostrar um exame mais aprofundado desta configuração industrial, que revela, assim como os casos anteriores, **elementos de reforço e ruptura com a condição terciário-exportadora da indústria israelense de *software***. Apesar de ter logrado uma inserção externa apoiada em atividades do elo mais alto da cadeia de valor relativamente à Índia e Irlanda, a autonomia da indústria israelense permanece em debate na literatura. Há elementos que apontam que ela seria mais parte de uma indústria americana que de uma indústria local independente ao mesmo tempo em que há

evidências de uma dinâmica local crescente.

A primeira perspectiva leva em consideração, portanto, que a **indústria israelense perde autonomia ao depender do capital proveniente dos Estados Unidos, o que reforça sua condição terciário-exportadora** (BREZNITZ, 2007:1465). Assim, a primeira evidência de continuidade com este modelo vem da **origem dos fundos** para o setor. Segundo Breznitz (2007:1466), mais da metade do capital de risco desta indústria é proveniente diretamente dos Estados Unidos, o que tornaria o setor mais parte do mercado financeiro norte-americano que de uma indústria efetivamente autônoma. Além disso, outras evidências de reforço desta condição são: i) atividades de P&D das multinacionais, ii) políticas industriais, iii) diáspora de trabalhadores, iv) porte das empresas e v) fraqueza de *spin-offs* das multinacionais.

O próprio caráter **inovador** da indústria é tido, para Breznitz (2007:1480), como um elemento de reforço da pouca autonomia do setor, uma vez que o foco em P&D (e amplamente amparado nas atividades das multinacionais) teria feito com que a indústria se desenvolvesse um modelo de negócios baseado no relacionamento com países avançados. Ao mesmo tempo em que se formou uma indústria inovadora, a ênfase em P&D a teria distanciado da construção de capacitações em atividades manufatureiras, que também são necessárias ao desenvolvimento de *software*, além de ter aproximado o país de um relacionamento muito próximo ao mercado norte-americano.

Segundo esta linha de pensamento, esta relação é responsável por grande parte do crescimento da indústria israelense, mas também coloca problemas. A proximidade com os clientes e investidores, por exemplo, teria atraído instalações de plantas de empresas israelenses para os Estados Unidos, e com isto também, a transferência de grande parte de suas atividades. Outro grande desafio neste sentido, concerne à “**participação crescente das multinacionais americanas em Israel e sua destreza em capturar grande parcela da capacidade inovativa** do país”, o que colocaria em questão com quem ficam os frutos do crescimento da indústria (BREZNITZ, 2007:1480).

É preciso lembrar que um ponto crítico para a configuração de um modelo terciário-exportador foi, sem dúvidas, a existência de **políticas industriais e agências de desenvolvimento industrial**, como a OCS (*Office of The Chief Scientist*), do Ministério do Trabalho e da Indústria, e a BIRD (*Binational Industrial Research and Development Foundation*). A primeira fomentou uma série de alterações no sistema nacional de inovação israelense, ora influenciando a oferta/demanda por P&D, ora fomentando competências para

esta atividade. E a segunda teve no financiamento da cooperação entre as firmas israelenses e americanas seu principal campo de atuação.

É claro, pois, que estas agências incentivaram a criação de uma base industrial sofisticada. No entanto, esta linha teórica ressalta que elas também foram responsáveis por produzir um modelo de negócios dependente das firmas americanas (BREZNITZ, 2007:1471). Neste sentido, as políticas industriais liberais empreendidas entre as décadas de 1980 e 1990, ao abrir o mercado, também reforçaram as buscas das empresas israelenses pelo comércio externo.

Entendia-se que, para ser bem sucedida e galgar novas competências e conhecimentos, a indústria demandava fortes ligações com o exterior. Neste cenário, não só as empresas, mas também parte dos trabalhadores israelenses da indústria de *software* procurou mover-se para além das fronteiras geográficas nacionais (BREZNITZ, 2007:1478). A chamada “**diáspora**” de profissionais reflete, segundo esta linha teórica, a preocupação com uma possível “fuga de cérebros” e ainda, a fraca autonomização da indústria israelense.

Breznitz (2007:1478) considera ainda que esta pouca autonomia seria agravada pela fragmentação do setor e pelo próprio **porte** das empresas que o constituem. Para o autor, o as muitas firmas pequenas que ocupam o mesmo espaço tecnológico não são capazes de competir com as multinacionais na base de atividades de pesquisa da fronteira tecnológica, atividades cruciais para a sustentação de vantagens competitivas.

Aliado a isto, acresce-se o fato de que estas empresas mantêm escassas relações de **colaboração e geração de externalidades** para as empresas israelenses. Segundo elementos do estudo de Giarratana et.al. (2005:219), as empresas estrangeiras originam poucas empresas (*spin-offs*), o que indica a subutilização deste canal de transferência de conhecimento e o aprisionamento de competências em empresas multinacionais, o que evidencia a habilidade destas firmas em conduzir e apropriar-se da capacidade inovativa israelense.

Esta linha de pensamento destaca, portanto, que, a despeito do foco em produtos e de maior valor agregado que os outros países analisados acima, a indústria israelense conservaria seu caráter terciário-exportador, uma vez que permanece ancorada às atividades de empresas estrangeiras, o que a confere as mesmas limitações que cercam este modelo industrial. Como sintetiza Roselino (2008:14), “a ênfase em produtos de alto valor não representa uma vantagem imediata na perspectiva de desenvolvimento autônomo se as atividades forem concentradas nas multinacionais”. Nesta perspectiva, os frutos do desenvolvimento de uma

indústria comercialmente bem-sucedida também não permanecem localmente.

Por outro lado, alguns autores apresentam elementos que parecem indicar uma ruptura com o modelo terciário-exportador. Em primeiro lugar, Israel é o caso mais distante, *per se*, desta configuração, uma vez que está vinculado a atividades de alto valor e que representam, então, uma forma de inserção direcionada ao desenvolvimento de funções hierarquicamente superiores nas cadeias produtivas globais do *software*, o que diverge do caráter terciário-exportador. E, em segundo lugar, há evidências de que o setor venha reduzindo sua dependência econômica em relação às fontes internacionais, apoiadas principalmente em registros de aumento da participação das empresas israelenses no montante exportado pelo setor.

Giarratana et.al. (2005:212) lembram que a indústria de *software* israelense, ao contrário da irlandesa, **nasceu de forma independente das multinacionais**. Como exposto no início da subseção, a indústria de *software* é um braço dos setores militar e de *hardware*. Os autores lembram que as operações das empresas estrangeiras foram limitadas até os anos 1990. Ou seja, para o caso israelense, assim como o indiano, houve o desenvolvimento de uma indústria doméstica antes ou de forma paralela à entrada das multinacionais, condição de autonomia ligeiramente maior que o caso irlandês.

Neste sentido, em termos comparativos, a própria observação da **natureza das atividades** israelenses (mais complexas e produtivas em termos de inovação que a Índia em decorrência da especialização em atividades de alto valor) contribui para a afirmação de que, dentre os 3Is, Israel é o caso que mais se distancia de formas de desenvolvimento dependentes (GIARRATANA et. al, 2005:215). Diferentemente do caso indiano, por exemplo, Israel não sofre com o caráter tecnologicamente subordinado da indústria uma vez que sua vantagem competitiva está nas atividades de P&D.

Embora não seja suficiente para afirmar um modelo industrial plenamente autônomo, é verdade que **atividades de alto valor significam uma forma de inserção que captura mais divisas** para o país em questão Segundo Correa (1996:179), uma estratégia baseada na exportação deste tipo de atividade, além de capturar mais valor, seria menos vulnerável às flutuações econômicas e teria maior impacto com relação ao aprendizado tecnológico que alternativas de outros pontos da cadeia de valor do *software*.

Teriam contribuído também, segundo esta linha teórica, para a característica mais autônoma da indústria israelense relativamente à Índia e Irlanda, as **atividades das empresas**

multinacionais. Como lembram Giarratana et. al (2005:227), os padrões de entrada destas empresas em Israel foram diferentes da Irlanda, por exemplo, uma vez que a maioria delas chegou ao país na década de 1990 e, portanto, depois da formação da indústria doméstica e de uma mão-de-obra qualificada. Os autores afirmam que, no caso israelense, as primeiras MNCs estabeleceram laboratórios de P&D, enquanto “ondas posteriores de entrada de multinacionais” firmaram alianças com as empresas domésticas, provendo-as capital e *expertise*. Apesar da limitação das evidências de externalidades deste tipo de interação, há outros indicativos de que a atuação das multinacionais é mais restrita em Israel, comparativamente ao restante dos 3Is.

Segundo esta linha de pensamento, somente recentemente as subsidiárias de empresas estrangeiras se tornaram mais frequentes no país, o que demonstra, novamente, sua maior autonomia em relação à Irlanda, por exemplo. Além disso, segundo Giarratana et. al (2005:228) afirmam que apesar de grande parte das patentes depositadas em Israel pertencer a estrangeiros, as MNCs não contribuem de forma significativa para a vantagem competitiva do setor de *software*. Isto permite afirmar que a maior parte das atividades inovativas da indústria permaneceria sob domínio israelense.

Ainda, as multinacionais não representariam importantes clientes para as empresas israelenses, como no caso da Irlanda. Em outras palavras, “as subsidiárias locais das MNCs não representam a principal ponte com os mercados internacionais para as firmas domésticas uma vez que grande parte da receita das firmas domésticas é proveniente das exportações, que computam 73% das vendas (GIARRATANA et.al, 2005:228).

Especializadas em *software* para telecomunicações e segurança de dados, as maiores empresas israelenses responderiam, segundo Giarratana et.al. (2005:213), por mais de metade das exportações do setor. A **baixa participação relativa das empresas multinacionais no montante exportado** refletiria o tipo de atividade conduzida no país. Segundo esta linha teórica, a maioria das empresas estrangeiras conduz atividades de P&D, e que não resultam, portanto, em fluxos significativos de serviços entre fronteiras.

Por fim, outra evidência de avanço na autonomização das atividades de *software* em Israel vem da chamada **diáspora reversa**. Como visto nos casos anteriores, o retorno de profissionais do setor ao país de origem pode representar um indício positivo de um desenvolvimento menos dependente. No caso israelense, Arora e Gambardella (2004: 11) afirmam haver poucas evidências de retornos sistemáticos de trabalhadores para os Estados

Unidos.

Esta questão merece atenção por causa da importância do trabalhador como insumo e custo para o setor de *software*. Em Israel, o contingente de mão-de-obra que exerce atividades hierarquicamente superiores na cadeia de valor custa mais caro e permanece exercendo o maior peso dentre as atividades de P&D. Como mostra o gráfico 4, a indústria de informática e serviços relacionados de Israel gastou US\$942 milhões em inovação no ano de 2006, 90% dos quais foram destinados a pagar os custos dos trabalhadores.

Gráfico 4: Evolução e distribuição dos gastos em inovação como porcentagem do gasto total em P&D para o setor de informática e serviços relacionados, Israel, 1997-2006

Fonte: Elaboração própria a partir da publicação *Survey of Business Research and Development*, Central Bureau of Statistics, Israel, 2006.

3.6 Considerações parciais

Os três casos apresentados apresentam, apesar do elemento comum representado pela grande base exportadora, trajetórias plurais e peculiares a cada modelo de inserção e que determinam um posicionamento distinto na divisão internacional do trabalho. Mais importante que isso, no entanto, esta seção procurou lançar luz às evidências de mudanças produtivas que se aventam neste debate.

Por isso, mais que identificar os modelos industriais como estruturas rígidas e identificar obstáculos que se impõem a sua transição em direção a um novo paradigma técnico-econômico, as seções acima revelam um quadro de maior complexidade, que contém

elementos de reforço, mas também de ruptura com a condição terciário-exportadora a que são freqüentemente atribuídos.

A velocidade das mudanças na indústria de *software*, ressaltada no capítulo 2, abre, constantemente, nichos de atuação, inclusive para as antigas periferias do setor. Aliados à capacidade de absorção e aprendizado destes países, eles podem representar mudanças significativas na divisão internacional do trabalho no setor.

É certo que conservam-se obstáculos ao desenvolvimento de uma indústria plena em suas funções, que estabelece vínculos com os outros setores de atividade econômica, em todos os 3Is. É verdade também que o deslocamento de suas trajetórias de desenvolvimento não ignora os limites impostos historicamente pelo desenrolar da indústria de *software* em países centrais.

A literatura contempla, no entanto, elementos que evidenciam, ora a existência de conteúdo tecnológico em países como a Índia, ora de conteúdo local em países como a Irlanda e Israel, características que, aprofundadas, os afastam progressivamente da condição terciário-exportadora. Isto não implica dizer que o sucesso comercial que representa a indústria de *software* nestes países tenha se convertido em um processo de convergência em direção ao emparelhamento (*catching-up*) com países centrais ou então que o avanço tecnológico seja totalmente apropriado.

Mas significa dizer que a plasticidade das atividades que compõem a indústria de *software* aliada à velocidade com que ocorrem as mudanças tecnológicas no setor engendraram processos de aprendizado que são base não só de crescimento econômico como de capacidade de endogeneização, se não de todo, de parte do progresso técnico. A emergência destes atores somada às evidências de acumulação de competências que os possibilitam competir na fronteira tecnológica em nichos específicos da indústria de *software* pode significar transformações na atual divisão internacional do trabalho no setor. Se este processo constituirá uma ruptura no processo histórico que consolidou a indústria (em alguns segmentos) nos países centrais e a liberação de antigas amarras são ainda questões em aberto.

CAPÍTULO 4: A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE *SOFTWARE*: UM MODELO DE DESENVOLVIMENTO ENDÓGENO COMO VEÍCULO DE PRODUTIVIDADE

Cada geração de computadores desmoraliza as antecedentes e seus criadores.

(Carlos Drummond de Andrade).

O objetivo geral do trabalho, de avaliar a posição da indústria brasileira de *software* na divisão internacional do trabalho para o setor, construiu uma referência comparativa com os três países que mais têm se destacado no cenário global desta indústria, quais sejam Índia, Irlanda e Israel. Do capítulo anterior, tem-se que, além das heterogeneidades que existem dentro de um mesmo padrão de configuração industrial (exportador), há que considerar as evidências de transformação destes padrões em direção a paradigmas que os tornam mais competitivos e sustentáveis no âmbito da divisão internacional do trabalho em *software*.

Este capítulo, por sua vez, busca avançar na compreensão da especialização da indústria de *software* brasileira e da posição que ocupa nas redes de produção globais através de dois eixos principais, a saber: i) Da compreensão da estrutura industrial em que especializou a indústria brasileira e ii) Da compreensão das competências técnico-científicas que a viabilizaram.

4.1 Raízes da estruturação industrial e institucional

Como na maioria dos outros países, a indústria de *software* brasileira originou-se da indústria de *hardware*. Sua emergência data da década de 1970 quando o modelo de substituição de importações ainda vigorava. Não estando alheia a esta orientação, em 1972 a indústria de *software* passou a operar sob o regime de reserva de mercado, que almejava proteger as empresas brasileiras de mini e microcomputadores através da substituição de importações. De fato, o controle das importações e o estímulo à produção local de computadores fizeram com que o mercado brasileiro fosse servido, crescentemente, por produtos fabricados no país, já que consumia praticamente toda a produção desta indústria (PIRAGIBE, 1985:151).

O mercado brasileiro, pilar da indústria de *software* nacional, serviu de incubador para as empresas, na medida em que as forneceu clientes cujas demandas eram condizentes com a complexidade e dimensão do aparato da estrutura produtiva, o que exigia das firmas

brasileiras soluções robustas. De forma oposta ao caso indiano, por exemplo, as empresas brasileiras puderam contar com a opção de direcionar seus produtos para o mercado interno, dado o tamanho de sua base.

Muito embora o debate a respeito do tema encontre evidências mistas na literatura²⁷, é unânime que **os desafios e complexidades provenientes da demanda doméstica** (notadamente os setores público e de serviços, e o segmento financeiro, em particular) **contribuíram positivamente para o crescimento da indústria de informática brasileira** na primeira metade dos anos 1980 (MARTINS, 2004:1).

Isso porque evoluções significativas no nível da engenharia de *software*, principalmente nos campos da qualidade e produtividade, aconteceram neste período. Os problemas trazidos pela inflação de três dígitos, por exemplo, fizeram com que os bancos buscassem novas práticas e competências e a indústria de *software* fosse rapidamente **adaptável** às mudanças (SCHWARTZ, 1992:155; MARTINS, 2004:3).

Em linhas gerais, as empresas voltadas à produção de *software* atuavam em praticamente todos os segmentos, inclusive com estratégias de concorrência direta com as empresas estrangeiras (como em aplicativos genéricos e editores de textos) (RIBEIRO, 2001:54). Mas um número de empresas de *software* especializou-se no desenvolvimento de programas customizados, serviços de compartilhamento de dados bancários, processamento de dados, serviços de treinamento e, em algum grau, integração de sistemas:

No caso brasileiro, a dimensão do país e a complexidade da estrutura legal tiveram grande importância na aceleração da incorporação de soluções de processamento de dados e tecnologia de informação [...]. As soluções para governo tendem a ser muito **especializadas** [grifo do autor] – tanto é assim que foi infrutífera, em termos mundiais, a maior parte dos empreendimentos que visaram a elaboração de pacotes genéricos para atendimento das necessidades da administração pública (MARTINS, 2004:3).

Ao contrário das empresas asiáticas, que surgiram especializadas nas etapas menos nobres do ciclo de desenvolvimento, as empresas brasileiras puderam contar com as experiências que acumularam na atuação em diversos outros nichos. Como sintetiza Pondé

²⁷Veloso et.al. (2003:13) acreditam que as empresas nacionais criaram competências no atendimento das demandas internas. Neste cenário, a Política de Informática, além de ter estabelecido as bases para o desenvolvimento da indústria de *software*, a política teria aumentado o número de profissionais engajados em cursos relacionados à Ciência da Computação e fomentado alianças estratégicas entre empresas locais e estrangeiras para transferência de tecnologia. Pondé (1993:34), por sua vez, afirma que a reserva de mercado não só impediu que se estabelecessem condições propícias para o desenvolvimento do setor, como teria se limitado a prover incentivos fiscais ao desenvolvimento de *software* no país.

(1993:40), “são caminhos distintos e que se explicam pelas condições específicas em que a indústria de cada país se desenvolveu”.

Ora, a orientação interna da indústria brasileira (e seu elemento principal, a Lei de Informática²⁸) sofreu alterações ao longo da década de 1980 com as transformações político-econômicas do período (recessão econômica e instabilidade política na transição ditadura/democracia) de tal forma que as empresas brasileiras ficaram cada vez mais expostas à concorrência e entrada de produtos externos (RIBEIRO, 2001:55).

A implementação de políticas liberalizantes e as iniciativas de redução da presença do estado na economia ajudam a explicar a diminuição do impulso pelo desenvolvimento de produtos horizontais e a reafirmação da **vocação brasileira para o mercado vertical**²⁹, segundo Botelho et. al (2003:26). Segundo este ponto de vista, frente ao crescimento da entrada de produtos externos (principalmente no segmento horizontal) muitas desenvolvedoras brasileiras passaram a **revender** produtos, também em função do grau de incerteza e dos custos de desenvolvimento, erguendo, assim, barreiras à entrada, inclusive de empresas multinacionais, neste segmento.

Como sintetiza Martins (2004:13), a especialização produtiva do setor não pode ser explicada sobre uma única variável. Certamente são resultados positivos a aceitação comercial dos produtos de *software* e dos serviços especializados de análise e programação que atendem e conferem ao conjunto da estrutura produtiva maiores possibilidades, ao invés de realizar tarefas de pouco conteúdo tecnológico (VELOSO, 2003:11). A análise da posição que a indústria brasileira ocupa na divisão internacional do trabalho requer, no entanto, um entendimento mais detalhado acerca da natureza de sua especialização, das atividades a que se

²⁸ A Lei de Informática, resultado da reorientação das políticas industriais para o complexo eletrônico nos anos 1990, previa a concessão de benefícios fiscais para a realização de esforços de P&D feitos ou pelas próprias empresas ou em convênios com outras instituições. Seu objetivo principal era fazer com que as empresas internalizassem as etapas do processo de produção. Ela o fazia garantindo reserva de mercado para empresas de capital nacional e a quase totalidade de produtos e serviços relacionados às atividades de informática: “Naquele contexto, o desenvolvimento de componentes apoiava-se em uma política de proteção ao ‘similar nacional’ para os segmentos voltados aos equipamentos de pequeno e médio porte” (GARCIA E ROSELINO, 2004:178). Sua vigência efetiva aconteceu em 1993, como parte de um projeto maior chamado DESI (Desenvolvimento Estratégico em Informática) e até 2000, os investimentos das empresas brasileiras tinham atingido cerca de R\$3 bilhões, que foram investidos em grande parte em esforços de pesquisa na própria empresa, em instituições de ensino e pesquisa e direcionados aos programas prioritários do MCT, como o Softex, que objetivava a criação de uma indústria exportadora, cuja meta era alcançar US\$ 2 bilhões em exportações nos anos 2000 (MELO E CASTELLO BRANCO, 1997:9; VELOSO et. al, 2003:10).

²⁹ Mesmo nos mercados horizontais, algumas empresas brasileiras continuaram desenvolvendo e comercializando produtos em função de características específicas e locais (RIBEIRO, 2001:55; BOTELHO et. al, 2003:1).

dedica e das competências que possui. As próximas subseções são dedicadas a avançar nestas questões.

4.2 O paradigma econômico da indústria brasileira de *software*: alto conteúdo local e segmentação produto-serviço

Qualquer análise em torno do papel da indústria de *software* e da posição que um país ocupa na divisão internacional do trabalho para o setor requer a consideração de sua segmentação em atividades de produtos e serviços de *software*. Como descrito no capítulo 2, esta indústria contempla uma gama de atividades heterogêneas que possuem condicionantes distintos ao mesmo tempo em que engendram estruturas industriais e dinâmicas competitivas distintas uma das outras, sem mencionar o *continuum* de possibilidades que envolvem as interfaces entre estes segmentos.

Os tomadores de decisão enfrentam, diariamente, *trade-offs* como as dificuldades em capturar economias de escala ou escopo que se impõem no ambiente *job-shop* do desenvolvimento de *software* sob encomenda ou as limitações quanto à variedade do produto existentes no modo de produção em massa de pacotes de *software*. Em cada um desses extremos, a firma ou o país deve ser capaz de mobilizar um conjunto diverso de procedimentos, ferramentas e recursos financeiros, industriais e humanos.

À complexidade da natureza específica e heterogênea do *software*, somam-se as diferentes metodologias dedicadas a mensurar sua importância e as diferentes trajetórias de desenvolvimento nos países. Por esta razão, o início do capítulo lembrou fatos e fatores que condicionaram a especialização brasileira em *software* para os mercados verticais. À luz destas considerações, esta subseção busca caracterizar a estruturação econômica da indústria de *software* brasileira de forma a entender inquietações como: Em qual segmento da indústria o Brasil é especializado? Qual o perfil do setor em termos de concentração empresarial e complexidade das atividades? Os próximos parágrafos descrevem a metodologia utilizada para traçar estas considerações.

Em primeiro lugar, é preciso lembrar que qualquer análise da indústria brasileira esbarra nas complexidades impostas pela própria imaterialidade do *software*, que impede que ele seja classificado de acordo com as classificações convencionais de mercadorias (PONDÉ, 1993:34). Por conta disso, parte importante de sua atividade fica sub-dimensionada por vir embarcada em equipamento ou mesmo realizada por outros setores econômicos. Além disso,

a ausência de séries estatísticas sistemáticas e compatíveis metodologicamente produz fragilidades e disparidades mesmo entre as bases estatísticas oficiais³⁰. Com isto, a produção de dados perde confiabilidade e faz com que os números sejam “frequentemente contestados por muitos especialistas” (ROSELINO, 2006:55).

Reconhecendo suas especificidades e fragilidades metodológicas, a delimitação de âmbito do estudo é questão fundamental para o entendimento da especialização da indústria de *software*³¹. Vale lembrar que ele é um dos componentes das tecnologias de informação (TI) e, como visto no capítulo 2, pode ser comercializado nas formas de produto ou serviço. Tal heterogeneidade, aliada à plasticidade das atividades de desenvolvimento de *software* justifica a aceitação de uma aproximação que incorporasse parte do universo de empresas classificadas como prestadoras de serviços de TI.

A indústria brasileira é dotada de um número de empresas dedicadas ao desenvolvimento de diversos tipos de *software*. Pretende-se avançar na compreensão de sua dinâmica através de um agrupamento que permita um tratamento distinto dos tratamentos estatísticos existentes, embora considere, para esta classificação, a fonte predominante na composição da receita das e utilize, como base, a classificação CNAE das empresas.

Outros autores procuraram entender a composição do setor através da segmentação produto-serviço, dividindo-se a última categoria em serviços de baixo e alto valor adicionado (ROSELINO, 2006:146; DIEGUES, 2007:102). Segundo esta visão teórica, produtos de *software* referem-se aos programas prontos para uso, como o pacote iWork, da Apple. Por serviços de alto valor entende-se o desenvolvimento de *software* sob encomenda, que

30 A ausência de dados consolidados faz com que se tenha, por exemplo, 7.760 empresas, segundo a ABES (Associação Brasileira das Empresas de Software) e 50.128 pela PAS (Pesquisa Anual de Serviços – IBGE). É verdade que o número de IBGE infla as estatísticas da indústria de *software* uma vez que abarca segmentos pertencentes ao conjunto das tecnologias de informação que perpassam o escopo do trabalho (indústria de *software*). Ele representa, portanto, mais uma das fragilidades metodológicas existentes nas próprias bases de dados oficiais.

31 A delimitação de âmbito do setor está baseada na versão 2.0 da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0). A CNAE divide as diferentes atividades econômicas em seções de A a U. Cada seção é composta por várias divisões, codificadas com numeral de dois dígitos. As empresas voltadas para o desenvolvimento de software e serviços relacionados pertencem à divisão 62: “Atividades dos serviços de tecnologia da informação” (embora a divisão 62 inclua outros serviços de TI que não software). Em primeiro lugar, esta escolha deu-se porque a CNAE baseia-se na ISIC (*International Standard Industry Classification*), classificação internacional “utilizada por vários institutos de pesquisa e por organismos tais como OECD, Eurostat, Osilac/CEPAL, o que permite comparar a realidade brasileira com a de outros países” (SOFTEX, 2009: 18). Em segundo lugar, a escolha da versão 2.0 justifica-se pelo fato de que os dados desagregados para as classes CNAE estão disponíveis, a partir do ano de 2006, somente nesta versão. No entanto, é preciso lembrar que esta segmentação abrange atividades de TI que não correspondem às atividades-núcleo da indústria de *software*. Uma vez que estão mescladas às atividades de *software*, optou-se por incluir estas atividades no estudo. No entanto, reconhece-se esta debilidade metodológica.

demanda o preenchimento de todas as atividades da cadeia de valor e, por fim, os serviços de baixo valor fazem referência às tarefas de teste e manutenção de programas, que geralmente ocupam os elos mais baixos desta cadeia.

O fato é que os condicionantes históricos, tratados no capítulo 1, sugerem uma agregação distinta, em termos de atividades, e que são de particular interesse de um trabalho que procure avaliar a posição da indústria brasileira na divisão internacional do trabalho em *software*. **Com relação à separação de atividades de produto não customizável**, há que lembrar que, como visto no capítulo 1, este segmento foi tomado pelas economias capitalistas centrais. Como reforçado pelo capítulo 2, este tipo de *software* está sujeito às tendências centrípetas associadas às vantagens de escala e atendimento a mercados horizontais, onde as externalidades de rede impõem padrões dominantes que trancam a trajetória.

Em decorrência disto, países periféricos como a Índia aproveitaram as janelas de oportunidades que se descortinaram com o advento da globalização, em segmentos não ocupados pelos *first-movers*, geralmente menos rentáveis e intensivos em tarefas rotineiras, mas que lhes deram a chance de inserir-se no cenário internacional e desenvolver tarefas com certo grau tecnológico. **Por isso a separação das atividades puramente de serviços, e que têm menor valor agregado.**

A indústria brasileira, conforme mostrado na recuperação histórica do início do capítulo, devido aos condicionantes históricos, vislumbrou a oportunidade de atuação em um nicho (vertical) que depende da percepção da zona de convivência entre produtos e serviços, que a permite estabelecer relacionamentos de longo prazo, ao mesmo tempo em que constrói novos negócios (MARTINS, 2004:12). Dessa forma, parece razoável decompor as atividades de *software* segundo os segmentos de produto e serviço, dos quais Irlanda e Índia são expoentes no cenário global, e os segmentos que incorporam o desenvolvimento, comercialização e/ou conhecimento de uma forma híbrida que incorpora a aglutinação das duas formas de apresentação.

A leitura da tabela 9 permite visualizar a segmentação das atividades que compõem a indústria de *software* em áreas hegemonicamente ocupadas por outros países da periferia do setor, e aquelas onde o Brasil encontrou terreno para atuação. Com base na análise histórica, pode-se dizer que o país concentrou-se no atendimento de demandas **internas**, e que envolvem o desenvolvimento de programas voltados para os mercados **verticais** (sob

encomenda ou que passíveis de customização), e que freqüentemente, **têm um serviço associado**.

Tabela 9: Apresentação das classes que compõem a indústria de *software* brasileira, segundo a delimitação do estudo

Código	Nome da classe	Atividades que compreende
Produto	Desenvolvimento e licenciamento de programas de computador não-customizáveis (6203-1)	Desenvolvimento de software pronto para uso. Eles podem ser adquiridos no comércio ou diretamente na empresa que o desenvolveu. Exemplos: sistemas operacionais, aplicativos para empresas e outras finalidades e jogos de computador para todas as plataformas.
	Desenvolvimento de programas de computador sob encomenda (6201-5)	Definição dos módulos, especificações funcionais internas, programação com o uso de ferramentas/linguagens de programação, desenho de páginas para a internet (web design), desenvolvimento de projetos e modelagem de banco de dados sob encomenda.
Produto + serviço	Desenvolvimento e licenciamento de programas de computador customizáveis (6202-3)	Desenvolvimento de sistemas ou software que permitem adaptações às necessidades específicas de um cliente ou mercado particular.
	Consultoria em tecnologia da informação (6204-0)	Análise para determinação das necessidades do cliente/mercado e especificação técnica do sistema; assessoria ao usuário na definição de um sistema quanto aos tipos de hardware e software; <u>serviços de customização de <i>software</i> customizável</u> ; informatização de um segmento; atividades de atualização de websites, consultoria para integração de sistemas e soluções; serviços de customização de software customizáveis, ou seja, atividades que consistem em adaptar as necessidades do usuário às telas, terminologias, tabelas e outras características inerentes ao sistema.
Serviço	Suporte técnico, manutenção e outros serviços em tecnologia da informação (6209-1)	Assessoria ao usuário na utilização de sistemas, remotamente ou em suas instalações (<i>help desk</i>), solução de problemas de navegabilidade entre páginas de sítios eletrônicos, recuperação de panes informáticas e instalação de equipamentos de informática e <i>software</i> .

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da RAIS 2008.

A análise da composição do setor, segundo dados da RAIS, apresenta um quadro consistente com as hipóteses fundamentais do trabalho. A base de dados para o ano de 2009 apontou a existência de 10.685 estabelecimentos que estão voltados, principalmente ao desenvolvimento de *software* customizável ou sob encomenda e serviços de consultoria em TI (4.710)³², seguidos de 4.443 estabelecimentos voltados para serviços de suporte técnico, manutenção e outros serviços em TI e como o esperado, a menor quantidade deles voltada

³² A análise desta categoria por sub-segmentos revelou que a maioria dos estabelecimentos está dedicada ao desenvolvimento de *software* sob encomenda, classe 6201-5 da CNAE (2.412). Em seguida, aparecem aqueles dedicados à prestação de serviços de consultoria em TI (classe 6204-0, com 1.687 estabelecimentos) e, por fim, os que desenvolvem e licenciam programas de computador customizáveis (classe 6202-3, com 611 estabelecimentos).

para o desenvolvimento de pacotes de *software* (não-customizável), com 1.532. Em poucas palavras, a análise da distribuição das atividades realizadas pela indústria brasileira de *software* revela um predomínio de estabelecimentos, que também concentram trabalhadores³³, voltados ao desenvolvimento de produtos que atendem a necessidade dos mercados verticais e da prestação de serviços que freqüentemente envolvem a customização e o conhecimento de produtos de *software* (gráfico 5). Estas competências, como indicaram as evidências do capítulo anterior, podem ter sido construídas em países como a Índia, o que indica a existência de execução de atividades mais complexas e variadas que a programação ou o simples re-desenho do programa.

Gráfico 5: Segmentação das atividades realizadas na indústria brasileira de *software*, por participação dos estabelecimentos e trabalhadores, 2008

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da RAIS 2008.

Assim, ao contrário dos modelos internacionais apresentados no capítulo 3, que são intensivos em um tipo específico de atividade, a indústria brasileira é fragmentada e “especializada” em fornecer produtos e serviços de alto valor a clientes individuais. São,

³³ Reconhece-se que a análise perde riqueza ao não considerar os dados de faturamento da indústria. Este tipo de informação está disponível na base SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática), do IBGE, através da Pesquisa Anual de Serviços (PAS). No entanto, não é possível obter os dados desagregados para as classes 6203-1 e 6202-3, desenvolvimento de programas não-customizáveis e customizáveis, respectivamente. Tendo em vista que esta segmentação representa parte fundamental para o entendimento da “especialização” da indústria brasileira de *software*, tomou-se como *proxy* deste fenômeno o número de estabelecimentos (cabe lembrar, que não significa número de empresas), acompanhado do número de trabalhadores, lembrando que já é esperado, *a priori*, que empresas de produto sejam formadas por um menor número deles, já que é menos intensiva em atividades do final da cadeia de valor.

portanto, atividades em que a empresa investe tempo e dinheiro significativos no desenvolvimento de cada novo projeto e que demandam a adoção de metodologias e processos de desenvolvimento mais maduros, além do conhecimento e relacionamento específicos a cada nicho.

A análise da segmentação produto-serviço avança a compreensão do paradigma técnico-econômico da indústria brasileira através do estudo do porte das empresas uma vez que busca identificar: em que tipo de atividade as empresas estão concentradas? Ser um setor formado por pequenas empresas significa realizar atividades de baixa complexidade tecnológica?

A maioria dos quase onze mil estabelecimentos brasileiros do setor de *software* é de pequeno porte, como indica o gráfico 6. Considerando o número de empregados como *proxy* do tamanho dos estabelecimentos³⁴ e segundo os dados da RAIS para o ano de 2008, 97% dos estabelecimentos do setor de *software* são formados por pequenas empresas, ou seja, com até 99 empregados, sendo que a média de trabalhadores por estabelecimento é de 18,7.

Gráfico 6: Segmentação das atividades realizadas na indústria brasileira de *software*, por porte dos estabelecimentos, 2008

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da RAIS 2008.

Se compararmos com os 3Is (tabela 7 no capítulo 2), nota-se que este número é maior que o referente à Irlanda e Israel (6,8 e 8,9), que são concentrados em atividades que demandam menos profissionais (produto e P&D), mas é significativamente menor que o valor

³⁴ Convém reforçar que se trata de número de estabelecimentos, e não de empresas, em que estabelecimentos são qualquer unidade que tenha um código no CNPJ (Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas) ou CEI (Cadastro Específico do INSS).

para a Índia (46,69). O anexo 1 apresenta um detalhamento acerca das bases oficiais utilizadas para análise do caso brasileiro.

A análise da distribuição das empresas do setor de *software* por tamanho e atividade revela que **as pequenas empresas seguem o padrão de especialização do setor e que possuem capacidade de desenvolvimento. No entanto, Roselino (2006:141) ressalta que são “frágeis estruturas empresariais”**. É verdade, por exemplo, que as grandes empresas são as que pagam os melhores salários. Segundo os dados da RAIS, em 2008, a remuneração média anual de um empregado do setor de *software* em uma grande empresa foi de R\$172.927 (em contraposição a R\$109.509 e R\$ 41.963 para médias e pequenas, respectivamente).

Gomes e Roselino (2000:9) explicam que, embora haja um grande número de empresas nacionais desenvolvedoras, as estrangeiras dominariam as atividades e seriam maiores em comparação com as brasileiras. No entanto, os números revelam uma participação minoritária do capital estrangeiro no setor. O conjunto das empresas nacionais de *software* apresentou, no ano de 2005, faturamento da ordem de R\$26 milhões, enquanto as equivalentes estrangeiras faturaram R\$5,7 milhões (21%), segundo as últimas informações do Censo de participação estrangeira do Banco Central para 2005.

O anexo 5 apresenta uma tabela construída com base na listagem das maiores empresas do setor por vendas, e que ressalta a importância dos atores internacionais para a indústria de *software*: das vinte maiores empresas, treze são estrangeiras - destaque-se que seis delas são norte-americanas³⁵. Cabe lembrar que o grupo das vinte maiores empresas do setor responde por 43% (R\$ 4,8 bilhões) do faturamento do setor, segundo dados da PAS.

4.2.1 Especialização e externalização da indústria brasileira com base no estudo de cinco empresas de capital nacional e outros atores

A subseção anterior mostrou, através da análise de dados secundários, um padrão de especialização da indústria de *software* brasileira que revela uma indústria voltada ao atendimento de mercados verticais, que de partida têm o potencial de engendrar competências essenciais ao desenvolvimento autônomo do setor.

³⁵ Botelho et. al. (2005:20) atribuem a intensificação da entrada das empresas estrangeiras ao período de liberalização das políticas públicas nacionais. Segundo eles, desde sua liberalização até a crise em 2001, o setor foi uma das três atividades econômicas que mais receberam investimentos diretos estrangeiros no Brasil. Os autores contam que estas empresas identificaram no Brasil o potencial do mercado interno, tendo estabelecido não só unidades comerciais, como também de desenvolvimento.

Para compreender esta dinâmica e dada sua estreita relação com a realidade empírica, esta subseção reúne evidências que fazem uso de informações apreendidas em um trabalho de pesquisa de campo que contou com visitas a cinco empresas de capital nacional e entrevistas com outros atores que detém conhecimento sobre o setor, como alunos e pesquisadores. O anexo 5 apresenta a relação e uma breve descrição dos entrevistados.

A seleção dos casos foi realizada de modo a propiciar a reunião de representantes dos diversos segmentos de *software* e, por consequência, possibilitar a análise comparativa das variáveis a serem observadas segundo os diversos modelos de negócios observados na indústria brasileira. Isso significa que se procurou abarcar, na amostra, empresas que representassem tanto produtos quanto serviços de *software*, de grande e pequeno porte, que fossem representantes tanto dos setores empresarial quanto governamental, empresas *spin-offs* acadêmicos e institutos de inovação.

Esta delimitação seguiu diferentes critérios na busca por empresas, como firmas que ganharam o Prêmio Finep de inovação tecnológica, que receberam recursos do Programa de Subvenção Econômica da Finep, que conquistaram o nível máximo (5) na Certificação CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) ou que foram beneficiárias da Lei de Informática. Chegou-se, com isto, a cinco empresas e uma ICT (instituição científica e tecnológica): Totvs, Tivit, Venturus, iSystems, Griaule e Ci&T (tabela 10).

Tabela 10: Indicadores de desempenho das empresas entrevistadas em pesquisa de campo, 2010

Nome	Local	Fundação	Receita líquida (R\$)	Capital humano	P&D (R\$ milhões)	Atividade principal
Totvs	São Paulo	1983	988.679.000	9.000	100	Produtos verticais
Tivit	São Paulo	1998	920.120.000	23.000	N/D	Serviços
Venturus	Campinas	1995	60.000.000	300	N/D	Pesquisa
iSystems	Campinas	N/D	N/D	N/D	N/D	Sistema embarcado
Griaule	Campinas	2002	3.000.000	10	N/D	Produtos horizontais
Ci&T	São Paulo	1995	70.000.000	700	N/D	Serviços

Fonte: Elaboração própria com base nos dossiês corporativos e na pesquisa de campo.

A coleta de informações sobre os casos partiu da busca de informações em fontes secundárias (consulta aos sítios eletrônicos das empresas e jornais especializados), que foram reunidas em forma de “dossiês corporativos”, como uma forma de robustecer e organizar o

processo de análise. Em seguida, preparou-se um questionário com perguntas abertas, adaptadas para a realidade, e com os pontos de interesse a respeito de cada entidade.

Neste sentido, as questões visaram meramente a nortear as entrevistas, permitindo que houvesse abertura para o surgimento de novos temas de discussão e para que pudessem ser encontrados resultados ao acaso, não obstante a definição das questões e construtos teóricos tenham se baseado em uma abordagem teórica, o que significa não randômica. Isto equivale a dizer que os protocolos de pesquisa foram elaborados a partir de construtos definidos na etapa de revisão de literatura sobre a organização industrial da indústria de *software* brasileira e versaram sobre os principais elementos determinantes da dinâmica competitiva e inovativa do setor e adaptadas para sua realidade. Os próximos parágrafos analisam seus principais resultados.

A subseção anterior mostra que as empresas brasileiras têm grande capacidade em atender mercados verticais que demandam, por sua vez, conhecimentos e a capacidade de desenvolver soluções específicas, o que lhe confere posição mais sofisticada e autônoma nas redes globais de produção, comparativamente a países como Índia e Irlanda. Da etapa de pesquisa de campo depreendeu-se um argumento que auxilia a qualificar esta observação.

Guardadas as peculiaridades de cada empresa, ressaltadas nos próximos parágrafos, os entrevistados manifestaram consenso no que diz respeito à capacidade da indústria brasileira como um todo em realizar tarefas que abarcam todos os estágios do ciclo de desenvolvimento de *software*. Sem incorrer na generalização do argumento a todas as empresas, percebeu-se que esta capacidade, aliada à orientação interna da indústria brasileira, permite qualificar o *software* nacional como instrumento transversal e veículo de produtividade a outros setores de atividade econômica (tabela 11).

Tabela 11: Atividades realizadas pelas empresas selecionadas para o estudo, segmentadas por etapas do ciclo de desenvolvimento de *software*

Empresas (categoria P+S)	Etapas do ciclo de desenvolvimento de <i>software</i>			
	Alta complexidade		Baixa complexidade	
	Análise de requisitos	Design	Codificação	Manutenção e testes
Empresa 1 – produto customizável	•	•	•	•
Empresa 2 – serviços de alto valor	•	•	•	•
Empresa 3 – produto sob encomenda	•	•	•	
Empresa 4 – produto pacote	•	•	•	
Empresa 5 – serviços baixo/alto valor	•	•	•	•

Fonte: Elaboração própria com base nas informações disponibilizadas pelas empresas.

É verdade, pois, que as empresas brasileiras estão aquém das equivalentes indianas, irlandesas ou israelenses no que tange à dimensão internacional da indústria (tabela 11). Segundo dados da PAS, para o ano de 2008, 92,8% da receita operacional líquida do setor foram provenientes do mercado interno. Os 744 milhões de dólares exportados não fazem frente aos números de Israel e Índia, por exemplo, com três e cinquenta e sete bilhões, respectivamente.

Os dados informam ainda que as exportações da indústria de *software* brasileira são fortemente amparadas pelo setor de serviços (que representa 67% do valor). A análise da pesquisa de campo corrobora este fenômeno. Devido à facilidade oriunda de sua natureza imaterial, o segmento de *software* como serviço (SaaS – *software as a service*) tem sido cada vez mais exportado. Mais que identificar estas tendências, no entanto, os próximos parágrafos buscam entender de que forma as empresas brasileiras se inserem na rede global de produção do setor, observando, para isto, o tipo de atividade que conduzem e exportam (tabela 12). Os próximos parágrafos ilustram as evidências coletadas.

Tabela 12: Atividades realizadas no exterior pelas empresas selecionadas para o estudo

Empresas	Internacio nalização	Vendas no exterior/fa turamento (%)	Características
Empresa 1 – produto customizável	Sim	5	Escritórios próprios, franquias e parceria com multinacional, que venderá no exterior o <i>software</i> da empresa na modalidade SaaS.
Empresa 2 – serviços de alto valor	Sim	N/D	Escritórios que atuam como interface da empresa com os clientes (suporte) e prospectam novas oportunidades de negócios em <i>outsourcing</i> de sistemas e infra-estrutura em TI.
Empresa 3 – produto sob encomenda	Não	1,5	-
Empresa 4 – produto pacote	Sim	80	Exportações para 80 países e filial nos EUA para vender componentes de <i>software</i> a empresas integradoras.
Empresa 5 – serviços baixo/alto valor	Sim	35	Subsidiárias como braço de desenvolvimento no exterior para galgar confiança dos clientes. <i>Joint-venture</i> com empresa japonesa para centro de desenvolvimento.

Fonte: Elaboração própria com base nas informações disponibilizadas pelas empresas.

Empresa 1: Grande empresa consolidada na oferta de sistemas de gestão através de uma plataforma tecnológica que utiliza linguagens, sistemas operacionais e bancos de dados múltiplos. Tem entrada na área de serviços.

Em primeiro lugar, a empresa optou por ofertar produtos por duas razões. Em primeiro lugar, por causa das margens, advindas dos ganhos de escala das vendas adicionais do pacote. Em segundo lugar, ela acredita que, frequentemente, há um serviço atrelado a um produto, mas que este permanece o núcleo da solução. Os bancos, por exemplo, necessitariam de um *software* na forma de produto para oferecer seus serviços. Daí a opção por produtos e, de forma complementar, serviços.

Mais importante que isto, “é pela detenção do conjunto das etapas do desenvolvimento do produto que surge o valor”. Assim, por acreditar que a sustentabilidade do modelo reside no desenvolvimento de todas as etapas do ciclo de desenvolvimento de *software*, a empresa traçou a meta de se tornar uma espécie de “operador administrativo” dos clientes, que significa acrescentar ao aplicativo, sua área original, serviços, consultoria e desenvolvimento de tecnologia.

Além do domínio da tecnologia, a empresa atribui seu crescimento à fabricação de produtos que são de primeira necessidade aos setores usuários. Segundo ela, o mercado de *software* de gestão integrada ainda tem pequena participação, o que gera um potencial de crescimento através de licenciamento de pacotes, principalmente para pequenas e médias empresas.

O atendimento dos mercados verticais significa oferecer soluções adaptadas à necessidade de cada segmento, criar uma identidade com o cliente. Neste contexto, a estratégia da empresa é criar barreiras à entrada das concorrentes internacionais através da próxima relação com o usuário, objetivo que é dificultado pela maior familiaridade que pequenas empresas do setor constróem com facilidade.

Principalmente através da aquisição de empresas menores e especializadas, a aposta na oferta de programas desenhados para setores específicos e em nichos não ocupados pelas concorrentes Oracle e SAP (principalmente pequenas e médias empresas) significa explorar novas oportunidades constantemente. Segundo o entrevistado, as grandes empresas automatizaram seus processos há muito tempo e a entrada neste segmento é mais difícil.

Por esta razão, a empresa, resultado da união de 21 companhias, tem se esforçado para empreender a consolidação do setor. Ela entende que isto é necessário para ganhar musculatura e conseguir evitar a competição das multinacionais: “Nossa empresa é como a Embraer. Ela não vai brigar com a Airbus nem com a Boeing, mas vai trabalhar para dominar

a aviação regional. Ela tampouco entra em concorrência com empresas de *hardware*, porque a empresa lhes vende seu *middleware*.

A despeito da estrutura consolidada no Brasil no mercado de aplicativos, ela está presente em vinte e três países por meio de franquias e escritórios próprios. É útil dizer que o braço internacional representa apenas cinco por cento do faturamento da empresa e está organizado em quatro eixos: América do Norte e Caribe, América Central e região andina, Cone Sul e Península Ibérica e países africanos. Mas é importante dizer que, embora haja planos de crescimento no exterior, a empresa admite que sua prioridade é o mercado nacional.

O entrevistado explica que, para sua empresa, não há a necessidade de estar na Califórnia, mas há que reconhecer que as empresas precisam de acesso à infra-estrutura de fronteira. “O que o Vale do Silício tem são pessoas qualificadas e um centro de divulgação”. Segundo ele, ainda, esta reputação que os americanos construíram historicamente é o diferencial de “estar no hemisfério norte”. Por isso ela firmou parcerias com universidades americanas como forma de apoio para avaliar o quanto seus produtos e serviços estão adaptados ao *modus operandi* dos potenciais clientes internacionais.

Nossa estratégia é uma espécie de Tratado de Tordesilhas. Temos planos de expansão internacional, mas não abriremos mão do mercado brasileiro. Não pretendemos terceirizar nem mesmo a etapa de codificação para a Índia porque a Índia pode aumentar seu preço futuramente, o que diminuiria nossa margem, de qualquer forma. Por isso preferimos manter todas as atividades por perto. Nós pensamos no exterior, mas não abriremos mão do Brasil.

Empresa 2: Grande empresa de capital aberto e que atua no oposto do escopo da empresa 1, na área de serviços integrados de infra-estrutura de TI e BPO (terceirização dos processos de negócio), mas vem aumentando a dedicação ao oferecimento de aplicativos. Também é resultado da fusão de empresas prestadoras de serviços voltadas, principalmente, para o atendimento dos setores de serviços públicos e financeiros. Um de seus projetos mais importantes é a plataforma para DDA (Débito Direto Automático).

A empresa acredita que um de seus diferenciais é a integração de suas divisões de serviços, que buscam criar soluções customizadas e que permitem que seus clientes concentrem-se em suas atividades-núcleo e gerem valor, cabendo à primeira a gestão dos processos críticos que envolvem TI. Para a operação do DDA, por exemplo, além do desenvolvimento e operação da plataforma tecnológica, a empresa é responsável pela infra-estrutura de computadores e sistemas. “Com o relacionamento, procuramos mostrar ao cliente

que integrar todas as etapas pode ser a melhor solução e acabamos ampliando os serviços prestados”

E no que tange esta demanda, a empresa afirma que o Brasil possui o maior mercado de serviços de TI na América Latina (movimentando US\$10 bilhões) e que esta demanda é mais sofisticada que em outros países. “Parte disto deve-se à diversidade de plataformas de TI em operação no Brasil, onde as soluções mais importantes de TI existentes no mundo são encontradas”. Além da importância deste mercado, a empresa entende que as oportunidades de crescimento neste ramo são bastante expressivas porque ainda é pouco penetrado. E a empresa acredita que seu modelo de negócios é sustentável economicamente:

Existem muitas oportunidades de negócios em terceirização de serviços e de processos, que são boas opções para as empresas que buscam otimizar o custo de suas operações e obter melhor desempenho. Por isso, mesmo diante de um cenário de instabilidade na economia mundial, acreditamos que a empresa manterá sua velocidade de expansão.

Da mesma forma que o caso anterior, a pujança do relacionamento usuário-produtor é uma das características que fazem com que o potencial de transversalidade do *software* seja exercido como veículo de produtividade para as indústrias-fim. Neste sentido, o trabalho da empresa, em parceria com bancos, criou um “serviço de aviso eletrônico para informar aos clientes suas obrigações de pagamentos. Assim que o cliente passa seu cartão num ATM ou num caixa de agência bancária, recebe um aviso por celular sobre vencimento de um boleto ou apresentação de um novo documento a pagar. Isso traz mais conforto para os clientes”.

Apesar dos relacionamentos estabelecidos com os clientes nacionais, a empresa sentiu a necessidade de expandir-se internacionalmente. Abriu, em 2009, duas subsidiárias internacionais (EUA e França), que atuam como *front office* com os clientes multinacionais e prospectam novas oportunidades de negócios nessas regiões.

A empresa pode ser classificada na chamada terceirização *offshore*, em que os serviços são prestados por fornecedores que estão fora do país de origem do cliente, mercado que é dominado pelos indianos. Por que, então, adentrar este mercado? Segundo a empresa, expandir os contratos desta base para fora do país é um movimento natural. Da carteira de 300 clientes, 150 são multinacionais. Ocorre que a maior parte destes serviços está restrita às operações que elas têm no Brasil. Os serviços *offshore* representam menos de 10% das vendas.

É verdade que os indianos permanecem competitivos na concorrência por preço. Um estudo interno da empresa mostra que um serviço de TI que custaria US\$ 100 nos Estados Unidos, sai por cerca de US\$25 e US\$30 no Brasil e US\$15 ou US\$20 na Índia, mas as vantagens geográficas, políticas, culturais e de conhecimento para vender serviços diferenciados tem atraído a atenção de empresas nacionais e também estrangeiras, que fazem do Brasil o quinto principal destino de terceirização do setor no mundo.

É importante reter que, para a empresa, seu processo de internacionalização e exportação de serviços não está desvinculado da capacidade de implantar operações críticas em larga escala. Os dois escritórios permanecem gerenciados por um diretor baseado no Brasil e vendem aplicativos desenvolvidos pela unidade brasileira. O oferecimento internacional de serviços de alto valor revela uma tentativa de escapar de atividades com características de *commodity* e de conquistar margens e, ao mesmo tempo, a fidelidade dos clientes.

Empresa 3: Pequena empresa que atua no desenvolvimento de sistemas inteligentes para automação industrial. Com auxílio financeiro de recursos do programa de subvenção da FINEP e uma parceria com empresa fornecedora de equipamentos, criou uma tecnologia própria em modelagem de processos, que reduzem o tempo de *setup* e as perdas e paradas dos equipamentos.

Da mesma forma que as duas empresas anteriores, a oferta de solução específica à necessidade do cliente é entendida pela empresa como uma vantagem na medida em que permite “simular ganhos em eficiência e demonstrar a viabilidade e resultados antes mesmo da implantação”. O produto pode ser desenvolvido, inclusive, em equipamento próprio ou do cliente.

Da mesma forma que o caso anterior, esta empresa é um dos melhores exemplos de que a característica transversal do *software* brasileiro funciona como veículo de produtividade às indústrias-fim: “Nossa empresa diferencia o produto de seus clientes com os algoritmos de controle inteligente, tornando-os mais eficientes através da economia de recursos e incluindo novas funcionalidades”.

A automatização de processos complexos que precisam ser simplificados não é uma tarefa simples e não há registros que a empresa a tenha expandido para outros países. E há que

ter em vista que esta complexidade ganha força com o aumento do portfólio de empresas. Por esta razão, a empresa permanece voltada ao atendimento do mercado doméstico.

Empresa 4: Pequena empresa que atua na produção de produtos de *software* com tecnologia de reconhecimento automático de impressões digitais e reconhecimento facial. As vendas internacionais alcançam cerca de oitenta países. Recebeu R\$ 301,8 mil do programa PIPE (Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas) da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) e sua tecnologia foi incorporada, em 2007, a 25 mil urnas eletrônicas com leitores de impressão digital ao Tribunal Superior Eleitoral (TSE). Tipicamente uma empresa “nascida global” (*born global*), a empresa está situada no extremo oposto da anterior no que concerne o mercado atendido.

A empresa também é um exemplo do potencial de transversalidade do *software* na medida em que sua tecnologia forma a base para a produção de *softwares* de reconhecimento de impressões digitais, por exemplo, que servem de base para dezenas de operações feitas diariamente em todo o mundo. Trata-se da biometria, técnica para reconhecimento automático de características físicas do indivíduo.

Da mesma forma que as empresas anteriores, ela desenvolve componentes e soluções completas, já que em torno do algoritmo de reconhecimento (desenvolvido por ela), há uma grande quantidade de aplicativos periféricos imprescindíveis. “Temos *software* de *login* em computadores, controle de acesso, compressão de imagem e interoperabilidade, entre outras coisas”.

Mas, diferentemente da anterior, a empresa atende os mercados horizontais, de pequenas e médias empresas, que precisam de segurança nas operações. Ressalte-se que o foco não é fabricar os leitores (*hardware*) de impressões digitais, mas sim o aplicativo, que pode ser baixado através da Internet.

A imaterialidade característica de seu programa aliada à ausência de custos de transação foi a razão pela qual a empresa nasceu orientada para exportações. Como explica o entrevistado, ele pode ser baixado, a partir de qualquer ponto do mundo, pela Internet. É meta dos diretores que a empresa se torne, nos próximos anos, um “grande *player* mundial em biometria”, mercado que tem crescido, segundo eles, a 30% ao ano. Atualmente, 80% das receitas da empresa vêm do exterior.

Há um escritório em San José, Califórnia, estabelecido para acompanhar o ritmo tecnológico e distribuir seus produtos àquele que é o maior comprador de tecnologia do mundo. Os principais clientes da empresa no exterior são Estados Unidos e México. A Costa Rica também comprou a tecnologia brasileira para aplicar na emissão de passaportes.

Por isso o entrevistado enxerga a necessidade da abertura de sua filial no Vale do Silício, onde se concentram as clientes da empresa. Trata-se de empresas integradoras, que adquirem componentes de *software* para montar suas soluções destinadas aos clientes finais. O modelo de negócios da empresa revela a opção por fornecer para as empresas integradoras: “Quem faz pesquisa e desenvolve tecnologia é tipicamente a indústria, o fabricante — e o fabricante normalmente não vende para o cliente final”.

Apesar de desenvolver produto, esta empresa guarda a diferença com relação à empresa 1 de direcionar seus produtos ao exterior e entender que a presença internacional é indispensável para o seu modelo de negócios. Há que destacar, no entanto, que as atividades estratégicas, para ambas, permanecem fortemente enraizadas no Brasil:

Do ponto de vista de pesquisa, estar no Brasil não é um limitador, pois temos cérebros tão bons quanto os europeus, americanos ou de qualquer lugar do mundo — e aqui há menos competitividade por eles. Vamos continuar a fazer pesquisa e desenvolvimento aqui. Além de bons cérebros, temos um vínculo com a universidade que não temos lá fora.

Empresa 5: Grande empresa que oferece consultoria, serviços de *marketing* digital e *outsourcing* de aplicações customizadas, voltadas principalmente para os setores químico, de bens de consumo, mídia, energia e óleo e gás. Além dos clientes nacionais, possui usuários nos Estados Unidos, Canadá, Europa, Japão e China.

A variedade de ofertas no que diz respeito à participação nas etapas da cadeia de valor nesta empresa de serviços pode ser percebida pelas tecnologias de código aberto (*open source*). Inicialmente renegadas, a empresa afirma que elas adquiriram robustez e por isso sua oferta abrange desde plataformas de baixo nível (Linux, Apache, MySQL e PHP), passa por servidores de aplicação (JBoss, Drupal) até as recentes APIs Open Social.

Segundo o entrevistado, através da exploração de janelas de oportunidade a empresa pode explorar o “melhor dos mundos” entre os segmentos de produtos e serviços, uma vez que é possível combinar, desta forma, práticas de concorrência por diferenciação e preço.

A carteira de clientes da empresa é composta de clientes grandes e/ou internacionais e se assemelha, por trabalhar com serviços, aos casos das empresas 1, 2 e 3, em que a confiança

e a força do relacionamento usuário-produtor são determinantes para a sustentabilidade das vendas, que, como lembra o entrevistado, “acontecem mais de uma vez”.

A importância da relação com o exterior fez com que a empresa procurasse os mercados internacionais. Ela possui escritórios comerciais nos EUA e na Inglaterra e investiu, em 2009, um milhão de dólares na criação de uma unidade na Ásia, uma *joint-venture* com uma japonesa que tem o objetivo de ampliar sua atuação na Ásia – principalmente, na China, e ter acesso a engenheiros de *software* qualificados e gerentes que tenham o japonês como língua nativa.

Por esta razão, entre as primeiras ações da empresa está a criação de um centro de desenvolvimento em uma cidade do leste chinês, Ningbo, uma das mais competitivas do país e que conta com quinze universidades que formam anualmente mais de cinco mil profissionais. Dentre as empresas do estudo, é a que mostrou externaliza, parcialmente, atividades consideradas estratégicas.

Figura 11: Internacionalização das empresas brasileiras entrevistadas na etapa de pesquisa de campo

Fonte: Informações disponibilizadas pelas empresas na etapa de pesquisa de campo, aplicadas por Anelise Pianna.

Apreende-se que a presença externa das empresas brasileiras de *software* é motivada, em grande parte, por três necessidades, a saber: i) Proximidade com o usuário e ii) Abertura de novos canais de distribuição. Os movimentos de internacionalização das empresas estudadas privilegiam a entrada em países da América Latina e falantes do idioma português, que têm as relações usuário-produtor, tão determinantes para o tipo de *software* em que o Brasil especializou-se, facilitadas (figura 11).

As evidências tratadas nesta subseção apontam que a internacionalização de tecnologias e atividades-núcleo das empresas é restrita, permanecendo nas sedes das empresas, no Brasil. Trata-se de uma escolha econômica derivada da capacidade autônoma de realizar atividades que compõem as etapas de engenharia de *software* que não pode ser estendida às empresas indianas e irlandesas. A origem desta possibilidade reside, em grande parte, na capacidade técnica da estrutura industrial brasileira, competências essenciais para o desenvolvimento de uma indústria plena em suas funções, e que a próxima subseção trata de investigar.

4.3 Estruturação técnico-científica da indústria: o caráter dual do trabalho em *software* e as possibilidades do setor...

Do capítulo 2, tornou-se patente que altos níveis de sofisticação tecnológica, em *software*, estão diretamente relacionados às competências técnico-científicas do ator econômico em questão. Dentre elas, as capacitações arroladas pela força de trabalho são consideradas, em uníssono, como as mais pronunciadas na trilha do desenvolvimento de bens com alta maturidade tecnológica. A presença da capacidade técnica de alto nível revela um potencial que, se trabalhado, pode gerar *softwares* inovadores.

É certo que trajetórias de desenvolvimento de *software* diferentes requerem a construção de competências distintas. No contexto dos países emergentes, isto se faz evidente na diferença entre o conjunto de competências necessárias para executar atividades de *outsourcing*, dentre elas a programação, e aquelas exigidas para que um país seja capaz de lançar, no mercado internacional, os próprios produtos.

Reconhecendo a importância do capital humano como insumo principal para a indústria de *software*, esta seção busca lançar luz à compreensão do paradigma técnico-científico da indústria brasileira de *software*. A consideração deste elemento permite qualificar as diferentes estruturas industriais que são objeto deste trabalho, em termos dos condicionantes de sua especialização e localização na atual divisão do trabalho no setor.

Um primeiro olhar sobre o grau de instrução formal dos trabalhadores da indústria de *software* revela que o setor de *software* depende de mão-de-obra com elevado nível de instrução (gráfico 7). No ano de 2008, 93,4% dos profissionais tinham ensino médio completo ou superior incompleto e completo. Para todo o setor de serviços, a maior parte deles (76,9%)

possuía formação até o ensino médio completo. Nota-se, portanto, que a indústria de *software* concentra qualificações.

Gráfico 7: Comparação entre o setor de *software* e o de serviços quanto à qualificação formal dos trabalhadores – Brasil, 2008

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados da RAIS/MTE 2008.

Ora, é verdade que a indústria de *software*, a despeito de sua segmentação em classes mais ou menos qualificadas, é inerentemente intelectual; mental ao invés de braçal, e intensivo em qualificações (ILAVARASAN e SHARMA, 2003:1; ROSELINO, 2006:33). Trata-se de um trabalho de criação e mesmo sua tradução em códigos requer conhecimentos em informática do trabalhador. O fato é que:

A fragmentação forma a base para uma divisão do trabalho baseada em diferentes qualificações [grifo do autor] porque os estágios iniciais de análise e *design* requerem maiores níveis de qualificação e experiência, enquanto que os de codificação e testes são relativamente menos intensivos em qualificação e mais intensivos em trabalho (HEEKS, 1998:7).

Assim, pode-se entender a fragmentação do trabalho na indústria de *software* de uma forma dual que opõe dois tipos principais de tarefas: de um lado, o estágio da engenharia de *software*, que envolve considerável esforço intelectual, criativo e autônomo. De outro, as atividades responsáveis pela “produção” de *software* propriamente dita, que assume características análogas aos trabalhadores manuais da produção *taylorista* se forem

produzidas *commodities* de forma modularizada em que cada trabalhador é responsável por uma fração do projeto (ROSELINO, 2006:31).

No primeiro caso, têm-se profissionais que possuem um conjunto de competências e conhecimentos-chave para a firma³⁶, portadores de alto nível de instrução, que realizam atividades mais complexas e de alto valor. Em contraste, o outro extremo é preenchido por profissionais menos qualificados e detentores de habilidades específicas, de menor custo para o empregador e que realizam tarefas tidas como rotineiras³⁷.

Posto que a divisão do trabalho no setor guarda estrita relação com o ciclo de desenvolvimento do “produto”, têm-se trabalhadores que realizam atividades da fase de engenharia de *software*, geralmente o engenheiro de *software* ou analista de sistemas, em cujo conhecimento tácito podem apoiar-se um número de requisitos do trabalho. E de outro lado, têm-se as atividades de codificação, geralmente feitas por um programador ou técnico em informática, cujas atividades demandam conhecimento do tipo codificado ou genérico em informática (ROSELINO, 2006:32; LAKHA, 1994:385; MARKS e SCHOLARIOS, 2007:98).

No entanto, esta relação pode assumir um caráter diferenciado a depender do tamanho da empresa. Em pequenas firmas, por exemplo, é comum que profissionais altamente capacitados realizem tarefas tidas como menos complexas, de acordo com as necessidades da empresa. Da mesma forma, um profissional com “algum tempo de casa”, pode vir a executar, através da experiência tácita, funções hierarquicamente superiores em *software*. O fato é que, em todos os casos, o profissional deve ser minimamente qualificado para lidar com a linguagem técnica da área de informática e precisará se qualificar mais caso decida permanecer executando tipos mais complexos de tarefa³⁸.

³⁶ Em que competência é entendida como a “capacidade de articular e mobilizar condições intelectuais e emocionais em termos de conhecimentos, habilidades, atitudes e práticas, necessários para o desempenho de uma determinada função ou atividade, de maneira eficiente, eficaz e criativa, conforme a natureza do trabalho. Capacidade produtiva de um indivíduo que se define e mede em termos de desempenho real e demonstrado em determinado contexto de trabalho e que resulta não apenas da instrução, mas em grande medida, da experiência em situações concretas de exercício ocupacional”, da Organização Internacional do Trabalho (2002). **Certificação de competências profissionais – glossário de termos técnicos**. 1ª ed – Brasília: OIT.

³⁷ Marks e Scholarios (2007:100) explicam que a expansão da atividade de desenvolvimento de software e de sua complexidade nos anos 1960 e 1970 produziu uma divisão do trabalho, em que analistas de sistemas mais qualificados gerenciavam os projetos, enquanto os trabalhadores com nível médio produziam códigos, resultando em uma divisão hierárquica do trabalho, similar às indústrias tradicionais. Este período testemunhou uma desverticalização do trabalho, em que o profissional não era mais responsável por todos os aspectos do projeto (projeto, programação e testes), mas sim por módulos específicos.

³⁸ Pressman (2001:25) alerta para o fato de que os profissionais da área de software têm recebido pouco treinamento formal no que diz respeito, por exemplo, a novas técnicas de desenvolvimento de software.

Segundo dados da RAIS para o ano de 2008, o Brasil possui 195.973 trabalhadores formais no setor de *software*³⁹, dedicados principalmente às atividades de desenvolvimento de programas de computador sob encomenda ou customizáveis e à prestação de serviços de consultoria, segmento que também concentra qualificações, em todos os níveis de instrução (gráfico 8).

Gráfico 8: Distribuição do número de trabalhadores formais da indústria de *software* por atividades realizadas e nível de instrução, Brasil, 2008

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da RAIS 2008.

Os menores índices, que paradoxalmente aparecem no segmento de produto-pacote, podem ser explicados ao recuperar os argumentos do capítulo 1, que mostram a especialização de países centrais na concepção deste tipo de *software* e os emergentes, atuando nas etapas de codificação, que exigem menores níveis de instrução relativos aos outros segmentos, porém ainda altos se comparados a outras indústrias.

Assim, observou-se que o segmento de produtos vinculados à prestação de serviços concentra estabelecimentos, profissionais e qualificações da indústria de *software* brasileira. No entanto, como mostra o gráfico 9, é o setor de “serviços puros” que representam as

Geralmente, os indivíduos que de fato escrevem os programas valer-se-iam muito mais de sua experiência acumulada que de qualificação formal, ao mesmo tempo que gerentes de nível médio e superior sem perícia alguma na área de software receberiam a responsabilidade pelo seu desenvolvimento.

³⁹ Vale lembrar que os dados da RAIS superestimam o setor de *software* por incluir o setor de TI. Segundo a Pesquisa Anual de Serviços – PAS/IBGE 2008, o pessoal ocupado para as mesmas classes de atividade era de 161.868, lembrando que a pesquisa considera empresas com mais de vinte pessoas ocupadas.

maiores remunerações relativas, sobretudo nos níveis mais elevados de instrução, que representam níveis de pós-graduação (mestrado e doutorado).

Gráfico 9: Remuneração média dos trabalhadores formais da indústria de *software* por segmento da indústria e tempo de instrução, 2008

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da RAIS 2008.

Em poucas palavras, a análise da construção de competências técnico-científicas para o setor de *software*, fortemente co-relacionadas com a formação de recursos humanos, revela ao mesmo tempo uma característica consoante aos outros padrões industriais analisados e um elemento desigual. Em comum, a existência de qualificação por parte da oferta de mão-de-obra. Em contraste, a aplicação que as demandas locais impuseram sobre a construção destas competências. No caso brasileiro, os profissionais estão distribuídos entre a atividade mista que envolve desenvolvimento de produtos e prestação de serviços (conhecimentos tácitos e codificados), seguido pela prestação de serviços de menor valor (nichos não ocupados pelos países centrais).

4.3.1 ...Dadas as evidências da acumulação de competências com base no estudo de cinco empresas de capital nacional e outros atores

Os parágrafos anteriores ressaltaram um conjunto de características e competências que compõem o paradigma técnico-econômico da indústria de *software* no Brasil, na Índia, na Irlanda e em Israel, tendo em vista o padrão de especialização que adquiriu a indústria em cada trajetória específica. Embora tenha sido ressaltado que a atuação da indústria brasileira

de *software* em mercados verticais e de demanda sofisticada seja um primeiro indício de sua capacidade científico-tecnológica, uma investigação empírica adicional é necessária para captar a dinâmica dos processos de acumulação tecnológica nas empresas brasileiras. Os resultados alinham-se a estudos anteriores que ressaltam a proximidade das empresas brasileiras à fronteira internacional de inovação, principalmente com relação às etapas de engenharia e processos de *software*.

Tabela 13: Métricas de níveis de capacidade tecnológica para a indústria de *software*

	Níveis de capacidade	Engenharia de <i>software</i>	Produtos e serviços	Processos
Inovadoras	Nível 6 Inovação avançada (fronteira internacional)	- Ferramentas próprias de engenharia de <i>software</i> , integração com ferramentas de outras áreas do conhecimento.	- Serviços de P&D com tecnologias de ponta para lançamento de produtos inovadores e difíceis de copiar.	- Aprimoramento contínuo, tanto a partir de processos existentes, quanto de novos métodos e tecnologias.
	Nível 5 Inovação intermediária	- Ferramentas automatizadas de inspeção de código e equipes multidisciplinares.	- Soluções de alto valor agregado e alta complexidade e conhecimento técnico e de negócios.	- Processos controlados com métricas de qualidade; automatização de etapas cruciais do processo.
	Nível 4 Inovação Básica	- Adaptações das ferramentas de engenharia, padronização das práticas de teste e interação com fornecedores e clientes.	- Soluções desenvolvidas com conhecimento específico do negócio do cliente; evolução contínua dos produtos.	- Gestão estratégica da qualidade, obtenção de certificações.
Rotineiras	Nível 3 Operação avançada (<i>world class</i>)	- Utilização de componente de terceiros, técnicas incipientes de reaproveitamento de código.	- Análise, definição e especificação dos requisitos para o cliente, re-engenharia de produtos, agregando funcionalidades.	- Padronização do processo de engenharia de <i>software</i> , técnicas de controle de qualidade incipientes.
	Nível 2 Operação intermediária	- Formalização incipiente das práticas de engenharia de <i>software</i> e pequenos exemplos de código-fonte para reaproveitamento.	- Atende as especificações funcionais do cliente, realizando a especificação técnica e re-engenharia de produtos já existentes no mercado.	- Padronização básica dos processos, porém ainda sem formalização e documentação necessária.
	Nível 1 Operação básica	- Utilização de ferramentas de engenharia de <i>software</i> de forma incipiente.	- Replicação de especificações determinadas pelos clientes, pequenas soluções ou parte de projetos e manutenção	- Processos operacionais não formalizados. Cada projeto segue um processo diferente.

de soluções já
existentes.

Fonte: MIRANDA e FIGUEIREDO (2009:82). Dinâmica da acumulação de capacidades inovadoras: evidências de empresas de *software* no Rio de Janeiro e em São Paulo.

A partir de uma mensuração destas capacidades extraída da literatura (tabela 13) os próximos parágrafos objetivam lançar luz às competências que possibilitam e reforçam o caráter sofisticado e autônomo da especialização das empresas brasileiras. Utilizando as capacidades tecnológicas das empresas selecionadas para o estudo como ilustração das competências brasileiras, dispuseram-se, em uma estrutura matricial, funções tecnológicas e níveis de dificuldade (determinados pelas atividades em que a empresa é capaz de exercer de maneira independente).

A utilização deste quadro é útil dado que indicadores de inovação tradicionalmente utilizados, como patentes e certificações, não capturam, necessariamente, a existência de atividades relevantes de P&D no setor de *software*. Grande parte desta atividade, sobretudo em empresas de países em desenvolvimento fica sub-dimensionada segundo estes indicadores.

Tabela 14: Distribuição das empresas selecionadas para estudo, segundo níveis de capacidade tecnológica, Brasil, 2010

	Níveis de capacidade	Engenharia <i>software</i>	de	Produtos e serviços	Processos
Inovadoras	Nível 6	Empresa 1		Empresa 1	Empresa 1
	Inovação avançada	Empresa 3		Empresa 2	Empresa 2
	(fronteira internacional)	Empresa 4		Empresa 3	
				Empresa 4	
				Empresa 5	
	Nível 5	Empresa 2		Empresa 1	Empresa 2
Rotineiras	Inovação intermediária	Empresa 5			Empresa 4
					Empresa 5
	Nível 4	Empresa 2		Empresa 2	Empresa 2
	Inovação Básica				
	Nível 3	Empresa 1		Empresa 1	Empresa 3
	Operação avançada			Empresa 2	
	(world class)				
	Nível 2			Empresa 1	
	Operação intermediária			Empresa 2	
	Nível 1				
	Operação básica				

Fonte: Informações disponibilizadas pelas empresas, aplicadas por Anelise Pianna.

A despeito do volume de empresas que fazem uso da prática de reuso de códigos, é possível dizer, através da análise da pesquisa de campo, que a indústria brasileira possui

competências para a realização de tarefas de engenharia de *software*, de forma autônoma, e que incluem a capacidade da estruturação cuidadosa dos módulos, assim como a elaboração da chamada “documentação” de tarefas ou etapas necessárias ao seu desenvolvimento (tabela 14).

Várias empresas, especialmente do ramo de serviços, parecem integrar, em maior ou menor grau, as **pesquisas/avanços** nas ferramentas e métodos de desenvolvimento de *software*. Um número delas demonstra a existência de competências para a criação de conhecimento novo, para a tomada de riscos oriundos dos investimentos tecnológicos de ruptura e que são capazes de transportar a trajetória da indústria a um patamar mais elevado em relação à fronteira internacional.

Empresa 1: A empresa oferece uma visão que avança a compreensão da idéia de que a disponibilidade de mão-de-obra qualificada é uma condição necessária, mas não suficiente para a inserção externa das empresas de *software* de uma forma autônoma e sofisticada. Segundo sua visão, o programador, profissional abundante na Índia, deve ter um perfil técnico. As pessoas da “camada intermediária da pirâmide” precisam ser, acima de tudo, pessoas que têm a capacidade de gerar um produto a partir de um projeto dado. E, por fim, as pessoas do “topo” desta pirâmide e que têm a capacidade de fazer diferenças, devem ter um misto de qualificações e competências inatas porque elas precisam ter idéias, habilidade que “não é garantida por um curso de mestrado ou doutorado”.

Apesar disto, a empresa relata uma escassez de profissionais qualificados, motivo pelo qual ela mesma tem investido em seu treinamento, através de uma Universidade Corporativa. Ao todo, são 10.000 funcionários que cuidam para que a empresa gere “um produto que seja adotado”. Por isso, inovação, para a empresa, relaciona-se diretamente com escala.

A despeito de ter criado uma plataforma tecnológica (ByYou) sobre a qual são executados programas posteriores, a prioridade da empresa tem sido a incorporação de empresas que atuam em nichos que não a área original da empresa. Através da combinação de tecnologias, produtos e pessoal resultante das fusões, a empresa consegue ampliar seu escopo de atuação.

Empresa 2: A empresa, cujo núcleo é a integração de atividades de serviço, também lembra a diferença da organização do trabalho entre países que executam especificações, como o caso

da Índia, e aqueles que as concebem, como o Brasil, classificando os primeiros como uma “fábrica de códigos” e os últimos como “fábrica de projetos”, que exige *know-how* e competência para oferecer soluções integradas:

É como se os funcionários fossem robôs, bem treinados, que soubessem ler uma especificação e traduzi-las para códigos executáveis pela máquina. Para este padrão de organização da produção, é preciso que se tenha menos pessoas que ocupam o topo da pirâmide e mais volume de ferramentas e pessoal.

Dessa forma, é possível vincular a divisão dos trabalhos de concepção e execução, respectivamente, à qualidade e quantidade de profissionais, em que os primeiros possuem um misto de qualificação formal e conhecimentos tácitos, enquanto os segundos assumem atividades de perfil técnico, cujo conhecimento está disponível, em grande parte, de forma codificada.

Além da relação qualificação-etapas do ciclo de desenvolvimento, a empresa oferece um entendimento das diferenças que impõem empresas voltadas à produção de pacotes e as prestadoras de serviços: “Para a indústria de produtos, é necessário que se tenha profissionais com mestrado em aplicativos de *software*. Por exemplo, na Oracle, há doutores em bancos de dados”. Na indústria de serviços, por exigir um conhecimento mais generalista, este tipo de profissional é mais requisitado nas etapas que compõem o topo da pirâmide, onde são exigidos profissionais especializados.

De maneira análoga à empresa 1, a firma relatou que a dificuldade de suprir as necessidades de capital humano devem-se à dicotomia entre as velocidades da formação de mão-de-obra e da demanda do setor: “a velocidade com que são criados novos produtos e tecnologias no setor é muito grande e são necessários vários anos até que se tenha formado um profissional voltado para esta tecnologia”:

Empresa 3: A empresa de *software* embarcado, que tem origem em uma incubadora de base tecnológica, produz um bem de alta criticidade, que deve “funcionar vinte e quatro horas da mesma forma, sem mudanças no humor ou cansaço, a fim de que aumente a capacidade dos processos em que atua”.

Segundo a empresa, a operação de uma produção automatizada exige que processos complexos sejam simplificados. Neste cenário, seu produto atua na redução do tempo de estabilização dos processos produtivos e das paradas de produção. O *software* atua na

percepção das variações nos insumos utilizadas na produção, diretamente dos sensores, e através da modificação dos parâmetros que otimizam a produção. Trata-se de um típico exemplo do caráter transversal do *software*, que, neste caso, trabalha para obter o melhor desempenho do equipamento no qual está inserido.

Para isto, o programa faz uso de linguagens de alto nível cujos parâmetros são obtidos “através dos especialistas no processo, que podem ser operadores ou desenvolvedores do equipamento, reduzindo a complexidade da solução e a necessidade de testes reais”. Outro fator que demonstra a criticidade do *software* é o fato de que sua atuação tem por base a extração de conhecimentos dos operadores para o sistema de decisão, o que possibilita respostas rápidas e correções com o mínimo ou nenhuma interferência humana.

A inteligência do produto consiste, ainda, em ir além dos cálculos matemáticos, e considerar a previsibilidade do meio no qual está imerso, de modo que possa reagir a problemas distintos. A diferenciação dos seus produtos em relação aos seus clientes acontece, segundo ela, tornando os seus algoritmos de controle inteligente mais eficientes através da economia de recursos e da inclusão de novas funcionalidades. Este incremento pode ser feito para uma aplicação específica ou de modo configurável para diversas aplicações.

Em razão da complexidade dos seus produtos, a empresa formada por engenheiros saídos da Unicamp acredita na necessidade da inclusão de mestres e doutores em seu quadro, em virtude do caráter solucionador de problemas deste profissional. Na opinião do entrevistado, o profissional que falta ao mercado é o engenheiro de aplicações, que consegue enxergar a aplicação prática de uma solução técnica e “pensar fora da caixa” e capaz de fazer a ponte entre as necessidades do mercado e as ofertas da empresa.

Empresa 4: Da mesma forma que a empresa anterior, a firma desenvolve um produto complexo que responde pela autenticação de informações secretas através de biometria e que podem estar sujeitas a espionagem, roubo, clonagem, etc. Por isso, o foco dos investimentos para diferenciação dos seus produtos é em desenvolvimento de algoritmos que fazem a captura, avaliação de qualidade da extração de características e o reconhecimento.

Por isso, “a inovação está nos detalhes do algoritmo e nos complementos”. A empresa afirma que não possui um único algoritmo, que eles são completamente diferentes dos existentes e que seu trabalho consiste em inovações que não foram pensadas em nenhum outro centro de pesquisas. Estas inovações podem ocorrer no modelo de negócios

(reconhecimento de face e voz) ou no acréscimo de funcionalidades ao produto, e geralmente têm um ciclo demorado, de cerca de três ou quatro anos.

Para isto, a empresa afirma ser fortemente dependente de pesquisa básica e aplicada, bem como de profissionais bem qualificados. Dos dez funcionários, 80% deles trabalham com atividades de pesquisa e desenvolvimento de algoritmos. E o entrevistado defende a importância de sua formação em nível de pós-graduação porque, nesta etapa, “as pessoas passam por problemas que não passam na graduação”.

Empresa 5: A empresa diz que combina o desenvolvimento *in-house* ao modelo *offshore* porque assim posicionam os centros de desenvolvimento e a *expertise* em tecnologia em zonas próximas ao cliente, o que, segundo ela, economiza recursos de tempo e dinheiro do usuário e lhe confere vantagens competitivas e parceiros de desenvolvimento. Uma recente parceria com uma empresa japonesa permite que a empresa tenha acesso a 400 engenheiros de *software* altamente qualificados e que têm o japonês como língua nativa.

Especializada no desenvolvimento de aplicações customizadas, ela busca atingir estes parâmetros através da utilização de metodologias de desenvolvimento ágil, como Agile e Scrum. Estes conceitos asseguram, segundo ela, que os clientes recebam resultados de forma mais rápida e exige, da empresa, flexibilidade para lidar com as necessidades de seus clientes.

As metodologias fazem referência à introdução de mudanças no nível da arquitetura da engenharia de *software* e baseiam-se em práticas específicas de gestão e desenvolvimento. São voltadas para projetos com entregas frequentes, ao contrário da empresa anterior, e que estão sujeitos a mudanças de escopo e cujo foco é a velocidade da entrega.

Para a utilização deste modelo de operação, são necessárias equipes certificadas e com experiência neste tipo de metodologia. Há também um Centro de Competências dedicado ao desenvolvimento de aplicações e uma agência digital (*Creative Lab*), responsável pela oferta de serviços interativos, que “desenha experiências inovadoras e criativas” a partir do relacionamento com o usuário.

No que tange à organização das capacidades científico-tecnológicas, observa-se, para o conjunto das empresas pesquisadas, uma crescente opção pela integração de diferentes combinações entre customização e reusabilidade (padronização). Esta integração reflete, em sentido amplo, escolhas (*trade-offs*) entre eficiência e flexibilidade na produção de *software*. Apresenta-se, aqui, um número de combinações de processos e “produtos” diferentes, que vão

de uma abordagem de fábrica de *software*, desenvolvedoras de bens padronizados (*software* pacote) a outra customizada (serviços), no estilo *job-shop*⁴⁰ de organização da produção.

Vale lembrar que o arcabouço conceitual necessário para a criação de módulos adicionais, no caso de reuso, ou de procedimentos de integração de sistemas permanece essencialmente o mesmo. Por esta razão, os riscos e/ou incertezas tecnológicas acontecem justamente nas fases de engenharia de *software*. **Nela reside a complexidade do esforço de engenharia propriamente dita envolvida no processo de desenvolvimento de um programa.**

E é neste ponto que consiste a principal diferença entre a forma de inserção observada nas indústrias brasileiras e israelense, em contraposição à Índia e Irlanda. Embora haja indícios de transformações produtivas em direção a atividades de maior valor agregado por parte dos dois últimos, sua autonomização exige a endogeneização de competências inovadoras que compõem a fase de engenharia de *software*.

4.4 Considerações parciais

O exame das diferentes trajetórias de desenvolvimento de *software* em países não-centrais lança luz sobre as transformações tecno-produtivas trazidas com o advento da globalização e que abriram janelas de oportunidades de desenvolvimento para a inserção de países periféricos nas redes globais de produção no setor. Procurou-se destacar que o debate acerca da internacionalização das empresas de *software* indianas, irlandesas e israelenses acresce à idéia do desenvolvimento dependente os esforços de redução do hiato tecnológico e de autonomização, que oferecem possibilidades de ruptura com as antigas hierarquias do setor.

Esta inflexão, se verificada no futuro, pode romper tendências hierárquicas acumuladas nas redes globais de produção e produzir novas configurações nas estruturas dos sistemas. O fato é que, atualmente, a pujança verificada nestas estruturas industriais tem sido descolada de um desenvolvimento autônomo e transversal. A dimensão internacional da indústria de *software* brasileira, ao contrário, não se caracteriza por tamanha expressividade exportadora, mas pela importância que assume como nódulo fornecedor de “produtos” próprios, com graus variáveis de sofisticação e cuja transversalidade leva produtividade e

⁴⁰Ver Hill, T. (1993) Choice of Process. In: **Manufacturing Strategy**, Macmillan.

diferenciação para outros setores de atividade econômica, como foi o caso da plataforma DDA.

Trata-se de um constituinte cuja evolução em direção aos mercados internacionais está em desenvolvimento, mas não limitado pela primazia da dominação dos nós centrais desta rede. É verdade, a especialidade à qual se dedicaram as empresas brasileiras as distancia da concorrência na modalidade de preços ou então na modalidade de produtos sob a forma de pacotes ocupada por países que, historicamente, neles apoiaram sua hegemonia.

A concepção adotada aqui entende que a preferência pelo oferecimento de produtos aliados a serviços (que tomam forma em produtos customizáveis, sob encomenda ou serviços atrelados a programas) é o resultado de uma trajetória única de desenvolvimento, fomentada por ações de política industrial que, por sua vez, estiveram condicionadas às alternativas que se impuseram dadas as escolhas dos países centrais (capítulo 1).

Modelos industriais caracterizados pela integração competitiva, como é o caso da indústria de *software* brasileira, permitem que uma das principais contribuições do *software* para o desenvolvimento seja o papel de elo articulador de setores-chave da economia e que “dão a capacidade de potencializar ciclos de expansão de maior grandiosidade para a geração de renda, de emprego, de tributos e de excedentes exportáveis no país” (HADDAD, 2005:8).

A dificuldade dos países classificados como “terciário-exportadores” reside na dificuldade, se não ausência, de mecanismos de internalização do excedente econômico gerado pela indústria de *software*. Ao contrário, os resultados positivos da indústria brasileira se devem a sua própria trajetória que lhe permitiu adicionar valor aos “produtos” por meio de mecanismos de diferenciação e diversificação, que permitem gerar vantagens competitivas dinâmicas, que não apenas resistem às incertezas impostas pela globalização, como aproveitam as oportunidades criadas por este processo.

O problema em estruturar-se como uma indústria terciário-exportadora, da qual Índia e Irlanda são expoentes, é o fato de assentar a competitividade da indústria em função de fatores como abundância da mão-de-obra ou variáveis macroeconômicas como taxas de câmbio. Acresce-se o fato de que seu progresso não é baseado em inovação e integração a jusante, que exigem conhecimentos acerca do usuário e do negócio que lhes dão capacidade de realizar as etapas de engenharia de *software*, onde residem os esforços de diferenciação.

A indústria brasileira difere deste modelo de partida, na medida em que suas escolhas, deliberadas ou induzidas, se pautaram pelo atendimento de mercados verticais, que criam

valor econômico, e de segmentos de mercado mais sofisticados, que lhe impuseram a endogeneização de competências pulverizadas que se sustentam a longo prazo, dado um ambiente crescentemente exposto às transformações do processo de globalização. Sua pauta exportadora, apesar de relativamente inexpressiva, não tem a rigidez centrada em *commodities* de *software* que caracteriza os países terciário-exportadores e cujo aumento de preços é impraticável.

A idéia de dependência histórica dos modelos terciário-exportadores como processo irreversível deve-se menos ao trancamento das trajetórias tecnológicas em *software* por parte dos antigos países centrais do setor, e mais aos condicionantes que ele provoca sobre o deslocamento em relação a outra trajetória (FURTADO, 2000:29). Os espaços abertos pela globalização a estes países, no âmbito da indústria de *software*, permitiram uma melhoria nos padrões de renda, ao mesmo tempo em que sustentaram a predominância de antigas hierarquias.

A heterogeneidade da indústria de *software*, que lhe permite aglutinar “várias indústrias em uma” não alterou a divisão internacional do trabalho em favor de posições mais autônomas para os chamados 3Is, dado que as posições centrais das redes globais de produção permanecem vinculadas a antigos atores que realizam a concepção do “produto”. Apesar de sua ascensão como *players* globais, o bom desempenho comercial destes países não altera as antigas hierarquias do setor uma vez que permanece a dicotomia que caracteriza o trabalho em *software*: entre aqueles que concebem e os que executam ou produzem *commodities*.

Articula-se, portanto, a forma de inserção das economias periféricas no mercado internacional de *software* aos mecanismos que a acumulação do capital encontra sobre o atraso tecnológico que ainda existe (mesmo em setores tidos como de alta tecnologia) em algumas economias dependentes. A ela vincula-se o caráter desigual e pleno de contradições que caracteriza seu desenvolvimento econômico.

CONCLUSÕES

Dentre as possibilidades que se aventaram com a emergência do novo padrão tecno-econômico baseado na difusão das tecnologias de informação e comunicação, biotecnologia, química fina e mecânica de precisão, encontra-se a oportunidade aberta aos países periféricos de integração ao espaço mundial em setores em que o conhecimento é recurso básico. A “Sociedade da Informação” abre possibilidades que incluem dimensões de transformações que ultrapassam os limites econômicos tradicionais, fornecendo subsídios para mudanças mais amplas nas esferas social, política e institucional.

Os espaços preenchidos pelos países antes periféricos neste sistema permanecem, em grande medida, obedecendo aos limites impostos pela atuação das nações-centro. Ora, a apreciação dos contornos dos arquétipos industriais estudados no trabalho permite observar que, independentemente de passarem por transformações que lhes permitam galgar novos espaços na economia mundial do *software*, estes espaços são abertos pelos países e organizações que se colocam à frente do processo inovativo.

A experiência brasileira revela um modelo de indústria que aprendeu, ao longo de sua trajetória histórica, a pensar e criar “produtos” com graus variados de sofisticação em espaços não contemplados pelos atores líderes. Atua como um veículo que atende às demandas locais provenientes dos demais setores produtivos, atribuindo-lhes incrementos de produtividade. Por imposição de sua trajetória, a penetração do capital estrangeiro foi restrita até os anos 1990, o que não significou falta de dinamismo da demanda doméstica.

O exame de suas características estruturantes permite traçar um padrão na trajetória de “especialização” da indústria de *software* brasileira em direção do desenvolvimento de soluções que aglutinam produtos e serviços, como é o caso dos produtos customizáveis, que, em sentido estrito, se aproximam mais de uma estrutura produtiva diversificada que especializada *per se*. A abertura comercial (um dos tópicos mais debatidos de sua agenda política), tanto pelo lado das exportações quanto da penetração do capital estrangeiro no setor, não interferiu na essência do *software* brasileiro, que permanece como elo viabilizador de outras atividades e contribuinte do seu dinamismo, haja vista a natureza transversal de sua aplicação.

Tomando o comportamento do setor como motor para uma dinâmica de desenvolvimento de produtividade das economias em que se insere, pode-se dizer que este modelo de integração competitiva que o caracteriza é antagônico, de partida, aos padrões

exportadores estruturados pela realização de atividades de baixo valor agregado e baixa intensidade tecnológica. Ocorre que, o cotejamento destes casos permitiu observar e contestar a dimensão estática destas caracterizações. As evidências de transformações produtivas recentes nestes modelos podem significar o início de uma inflexão em suas trajetórias de desenvolvimento de *software*, não obstante permaneçam moldados pelos que se fazem núdulos centrais nas redes globais.

A análise comparativa com Índia, Irlanda e Israel, países não-centrais que têm se destacado no cenário internacional pelo volume de exportações, lança luz, portanto, à dinamicidade com que novos arranjos na divisão mundial do trabalho suplantam antigos, ou mesmo, convivem uns com os outros. Neste caso, mais que entender sua emergência e sua forma de inserção na divisão internacional do trabalho, o esforço de estudo da trajetória da indústria nos 3Is ressaltou elementos que evidenciam uma acumulação de competências que pode ser o primeiro passo para transformações produtivas mais profundas nos modelos industriais que os caracterizavam.

O modelo industrial de produção *offshore*, chamado de “terciário-exportador”, foi resultado de ações mais ou menos deliberadas de política industrial que fazia uso da disponibilidade de capital humano com vistas à atração de capital financeiro e produtivo. O fato é que este tipo de operação é mais apropriado à criação de muitas linhas de código que a programas customizados e mais complexos. Esta estrutura de produção, cujo expoente é o caso indiano, não funciona em segmentos de *software* com pequenos ciclos de desenvolvimento e grande interação com o usuário, como é o caso dos produtos de *software*, segmento dominado pelos norte-americanos.

A especialização na prestação de serviços, no caso indiano, de baixo valor agregado, não é o único elemento responsável por conferir ao modelo terciário-exportador uma inserção externa baseada em elos inferiores na cadeia de valor. No caso da Irlanda, a exportação de produtos de alto valor não evitou que a indústria realize atividades hierarquicamente superiores e que o país seja um nódulo de concepção nas redes globais de produção de *software*. O caso israelense, a despeito de estar intrinsecamente ligado às demandas internacionais, é o que mais se distancia das características terciário-exportadoras, aproximando-se do caso brasileiro, de integração produtiva.

A abordagem adotada no trabalho revelou uma perspectiva moderada que reconhece, na atual configuração destes modelos industriais, elementos de continuidade e de ruptura com

a condição terciário-exportadora. No caso indiano, há evidências de que o país tenha avançado em sua curva de aprendizado e iniciado atividades mais complexas na cadeia de valor em *software*. Os casos irlandês e israelense, embora representem padrões de especialização distintos (baixo conteúdo local e alto conteúdo local, respectivamente), apresentam, ambos, evidências de transformações em direção à realização de atividades mais autônomas e da endogeneização de progresso técnico.

De qualquer forma, as oportunidades que se enunciaram ou que estão por ocorrer têm relação direta com os mecanismos econômicos que regem a indústria de *software*. O modelo de prestação de serviços, por exemplo, intensivo em mão-de-obra, oferece retornos constantes de escala, de forma a estabelecer menos o trancamento da trajetória pelos efeitos de positivos de rede e mais barreiras à entrada baseada na natureza específica do serviço prestado. Já o segmento de produtos, por estar mais sujeito às externalidades de rede e *lock-in*, estabelece líderes de acordo com o momento de entrada, restando aos países ou empresas seguidoras (*followers*) a ocupação de nichos verticais não atendidos pelos *first movers*.

A análise dos padrões industriais do setor de *software* em países de vanguarda revelou também um quadro comum de características que possibilitaram a emergência da recente indústria de *software* e a manutenção de vantagens competitivas por parte de Estados Unidos, Japão e Europa. Estão incluídos a estruturação e a importância das políticas industriais para o setor, o relacionamento simbiótico com a indústria eletrônica e as interações com usuários.

Aliados ao momento de entrada, estes elementos conferiram vantagens comparativas aos Estados Unidos no segmento de produtos. À medida que o número de usuários dos microcomputadores (em contraste com os *mainframes*) aumentou e demandou soluções padronizadas, a trajetória do segmento trancava-se (*locked-in*) às bibliotecas de pacotes de *software* dedicados a uma arquitetura específica e produzidos pelas firmas norte-americanas.

O cotejamento das experiências americana e européia permite qualificar as origens e os determinantes da hegemonia da primeira. Esta comparação sugere, por exemplo, (principalmente no segmento de pacotes) que uma forte base em eletrônica é necessária, mas não suficiente, para fomentar o desenvolvimento de uma indústria de *software* doméstica. A experiência japonesa revela, em contraste, que uma forte base em *hardware* pode facilitar o desenvolvimento de *software* embarcado e não o de pacotes. O fato é que, tanto no caso europeu, quanto no japonês, as indústrias especializaram-se, à semelhança do caso brasileiro,

no desenvolvimento de soluções customizadas, segmento não ocupado pelos norte-americanos e que requer conhecimento extensivo acerca dos requisitos dos usuários.

Afora este quadro comum, permanecem elementos diferenciadores e intrínsecos às trajetórias plurais de desenvolvimento e aos respectivos processos de co-evolução entre tecnologia, mercado e instituições que acompanham as indústrias mesmo no âmbito de um mesmo padrão de especialização. Estas características têm relação direta com a estruturação da indústria de *software* e são responsáveis, em muitos casos, por abrir nichos específicos para a atuação de “fornecedores especializados”, na maioria das vezes, verticalmente integrados, e fomentar a criação de competências locais, em contextos globais.

O que se pode dizer a partir da emergência do fenômeno da globalização em um setor caracterizado pelas altas taxas de mudança e oportunidade tecnológica é que a liderança industrial, em *software*, é um processo constante de dinamização e superação das relações de produção, do qual o progresso tecnológico e a produtividade do trabalho são bases sustentadoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTENBURG, T; SCHMITZ, H e STAMM, A (2008). Breakthrough China's and India's transition from production to innovation. **World Development**, V 26, nº2, p. 325-344, fevereiro.
- ARORA, A. (2006). **The Indian Software Industry And Its Prospects**. Carnegie Mellon University. H. John Heinz III School of Public Policy and Management.
- ARORA, A. e GAMBARDELLA, A. (2004). **The Globalization of the Software Industry: Perspectives and Opportunities for Developed and Developing Countries**. NBER Working Paper No. 10538, National Bureau of Economic Research.
- ARORA, A; ARUNACHALAM, V.S; ASUNDI, J. e FERNANDES, R. (2001). The Indian software services industry. **Research Policy**, Vol.30, No. 8, pp.1267-1287.
- ATHREYE, S. (2005). The Indian software industry and its evolving service capability. **Industrial and Corporate Change**, Oxford University Press, Vol.14, No.3, pp.393-418.
- BABA, Y; TAKAI, S. e MIZUTA, Y. (1996). The User-Driven Evolution of the Japanese Software Industry: The Case of Customized Software for Mainframes. In: MOWERY, D. (ed) (1996). **The international computer software industry: a comparative study of industry evolution and structure**. Oxford University Press, Nova York, EUA.
- BOTELHO, A.J.J, VELOSO, F. e STEFANUTO, G. (2005) The Brazilian Software Industry. In: ARORA, A e GAMBARDELLA, A (Orgs). **From Underdogs to Tigers: The rise and growth of the software industry in some emerging economies**. Oxford University Press: Oxford.
- BRESNAHAN, T.e MALERBA, F. (1999). Industrial dynamics and the evolution of firms' and nations' competitive capabilities in the world computer industry. In: MOWERY, D. e NELSON, R.(eds). **Sources of industrial leadership**. Cambridge University Press.
- BREZNITZ, D. (2005). The Israeli Software Industry. In: ARORA, A e GAMBARDELLA, A. (ed). **From Underdogs to Tigers: The Rise and Growth of the Software Industry in Brazil, China, India, Ireland and Israel**. Oxford University Press, Estados Unidos.
- BREZNITZ, D. (2007). Industrial R&D as a National Policy: Horizontal Technology Policies and Industry-State Co-Evolution in the Growth of the Israeli Software Industry. **Research Policy**, Vol.36, No.9, pp. 1465-1482.
- CAMPBELL-KELLY, M. (1995). The Development and Structure of the International Software Industry, 1950-1990. **Business and Economic History**, Vol. 24, No. 2, pp. 73-110.
- CENTRAL BUREAU OF STATISTICS, CBS (2009). Survey of Trade, Services, Transport, Communications and Construction. Israel.
- CENTRAL STATISTICS OFFICE, CSO (2008). Annual Services Inquiry. Irlanda.
- _____, CSO (2009). Quarterly balance of payments. Irlanda.
- _____, CSO /FORFÁS (2009). Business Expenditure on Research and Development, 2007-08. Irlanda.

CHAMINADE, C. e VANG, J. (2008). Globalisation of Knowledge Production and Regional Innovation Policy: Supporting Specialized Hubs in Developing Countries. **Research Policy**, Vol. 37, No. 10, pp. 1684-1696.

CHANDLER, A. (1962). **Strategy and Structure: Chapters in the history of the industrial enterprise**. MIT Press, Cambridge.

COE, 1999. Emulating the Celtic Tiger? A comparison of the software industries of Singapore na Ireland. **Singapore Journal of Tropical Geography**, v.20, nº1, p.36-55.

COMMANDER, S. (2003). **What explains the growth of a Software Industry in some Emerging Markets**. Working Paper No. 22, Centre for New and Emerging Markets, London Business School e European Bank for Reconstruction and Development.

COMMANDER, S; CHANDA,R; KANGASNIEMI,M. e WINTERS, L.A. (2008). The Consequences of Globalisation: India's Software Industry and Cross-border Labour Mobility. **The World Economy**, Vol. 31, No.2, pp.187-211.

CORREA, C. (1996). Strategies for software developing countries. **World Development**, Vol. 24. No.1. pp.171-182.

D'COSTA, A. (2003). Uneven and Combined Development: Understanding India's Software Exports. **World Development**, Vol. 31, No.1, pp.211-226.

DIEGUES, A.C. (2003). Indústria brasileira de software: análise e perspectivas face à dinâmica internacional do setor e aos casos de Índia e Irlanda. **Revista Ciência e Tecnologia**, Vol. 9, Campinas, pp. 55-64.

DIEGUES, A.C. (2007). **Dinâmica concorrencial e inovativa nas atividades de tecnologia de informação (TI)**. Dissertação de mestrado, IE – Unicamp, Campinas.

DIEGUES, A.C. (2010). **Atividades de Software no Brasil: Dinâmica Concorrencial, Política Industrial e Desenvolvimento**. Tese de Doutorado, IE/UNICAMP.

DIEGUES, A.C. e ROSELINO, J.E. (2008). 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). In: FILHO, C.F e BENEDICTO, G. (ed). **Aprendizagem e Gestão do Conhecimento: fundamentos teóricos e experiências práticas**. 1ed. Campinas:Alínea, pp.87-114.

DOSSANI, R. e KENNEY, M. (2007). The Next Wave of Globalization: Relocating Service Provision to India. **World Development**, Vol. 35, No.5, pp.772-791.

_____. (2009). Service provision for the Global Economy: The Evolving Indian Experience, **Research Policy**, 26:77-104.

DUARTE, L.S. (2003). **Caracterização da inovação tecnologica no setor de software de gestão integrada : estudos de casos nas empresas de base tecnologica do Estado de São Paulo**. Dissertação de mestrado, IE – Unicamp, Campinas.

ERNST, D. (1994). Network Transactions, Market Structure and Technology Diffusion: Implications for South-South Cooperation. In: Lynn K. Mytelka (ed), **South-South Cooperation in a Global Perspective**. OECD, Paris.

EVANS, D; HAGIU, A e SCHMALENS. EE,R (2006). **Invisible Engines – How software platforms drive innovation and transform industries**. MIT Press, Cambridge, EUA.

- FREIRE, E. e BRISOLLA, S. (2005). A contribuição do caráter “transversal” do software para a política de inovação. **Revista Brasileira de Inovação**, Vol. 4, No.1, Jan/Jun.
- FRICK, S; NUNES, R. (1996). Produtos, estruturas de mercado e estratégias competitivas no setor de software. **Revista Economia & Empresa**, Vol.3, No. 1, São Paulo, PP.34-39.
- FURTADO, J. (2000). **Limites e possibilidades do Brasil nas configurações produtivas globalizadas: uma análise apoiada em diversas cadeias**. III Relatório Parcial de Pesquisa, Araraquara: IPEA.
- GARCIA, R.C. e ROSELINO, J.E. (2004). Uma avaliação da Lei de Informática e de seus resultados como instrumento indutor de desenvolvimento tecnológico e industrial. **Gestão e Produção**, Vol.11, No. 2, pp. 177-185.
- GERYBADZE, A. e REGER, G. (1999). Globalization of R&D: Recent Changes in the Management of Innovation in Transnational Corporations. **Research Policy**, Vol.28 ,pp 252-274.
- GIARRATANA, M.S; PAGANO, A. e TORRISI, S. (2005). Links between multinationals and domestic firms: a comparison of software in India, Ireland and Israel. In: ARORA, A e GAMBARDILLA, A (Orgs). **From Underdogs to Tigers: The rise and growth of the software industry in some emerging economies**. Oxford University Press: Oxford.
- GOMES, R. e ROSELINO, J.E. (2000). O software embarcado e as cadeias produtivas internacionalizadas. **Economia & Tecnologia**, Vol. 3.
- HEEKS, R. (1998). **The Uneven Profile of Indian Software Exports**. Working Paper No. 3. Institute for Development Policy and Management, University of Manchester, Reino Unido
- _____. (1999). **Software strategies in developing countries**. Working Paper No. 6. Institute for Development Policy and Management, University of Manchester, Reino Unido.
- HEEKS, R. e NICHOLSON, B. (2002). **Software export success factors and strategies in developing and transitional economies**. Working Paper No. 12. Institute for Development Policy and Management, University of Manchester.
- ILAVARASAN, P.V. e SHARMA, A.K. (2003). Is software work routinized? Some empirical observations from Indian software industry. **Journal of Systems and Software**, Vol.66, No.1, pp.1-6.
- LAKHA, S. (1994). The New International Division of Labour and the Indian Computer Software Industry. **Modern Asian Studies**, Vol.28, Cambridge University Press, pp. 381-408.
- LANGLOIS, R. (1990). Creating external capabilities: innovation and vertical disintegration in the microcomputer industry. **Business and Economic History** 19, pp. 93–102.
- LANGLOIS, R. e MOWERY, D. (1996). The Federal Government Role in the Development of the U.S. Software Industry. Em: MOWERY, D. (ed) . **The international computer software industry: a comparative study of industry evolution and structure**. Oxford University Press, Nova York, EUA.
- MALERBA, F. e ORSENIGO, L. (1997). Technological Regimes and Sectoral Patterns of Innovative Activities. **Industrial and Corporate Change**, Vol. 6, pp.83-117.
- MALERBA, F. e TORRISI, S. (1996). The Dynamics of Market Structure and Innovation in the Western European Software Industry. Em: MOWERY, D. (ed) . **The international**

computer software industry: a comparative study of industry evolution and structure. Oxford University Press, Nova York, EUA.

MALERBA, F., NELSON, R., ORSENIGO, G. e WINTERR, S. (1999). History Friendly Models of Industry Evolution: The Computer Industry; **Industry and Corporate Change**, Vol.8, pp.3-40.

MANSFIELD, E; TEECE, D e ROMEO,A. (1979). Overseas Research and Development by US-Based Firms. **Economica**, Vol. 46, No. 182, pp.187-196.

MARKS, A. e SCHOLARIOS, D. (2007). Revisiting technical workers: Professional and organizational identities in the software industry. **New Technology Work and Employment**, Vol.22, No.2, pp.98-117.

MARTINS, W.M. (2004). Competitividade brasileira e casos do sucesso do software nacional. In: MDIC/STI. **O futuro da indústria de software: a perspectiva do Brasil: coletânea de artigos**. Instituto Evaldo Lodi. Núcleo Central. Brasília.

MELO, P.R. e CASTELLO BRANCO, C.E. (1997). **Setor de Software: Diagnóstico e Proposta de Ação para o BNDES**. BNDES Setorial Vol.5, pp.111-127.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, MEC/INEP (2005). **Sinopse da Educação Profissional**. Disponível em: << <http://www.inep.gov.br/>>>. Acesso em: janeiro/2011.

_____. (2008). **Sinopse da Educação Superior**. Disponível em: << <http://www.inep.gov.br/>>>. Acesso em: janeiro/2011.

MINISTRY OF COMMUNICATIONS & INFORMATION TECHNOLOGY OF INDIA, MIT (2009). **Information Technology Annual Report 2009-10**. Nova Delhi, Índia.

MOWERY, D. C. e ROSENBERG, N. (1999). **Trajetórias da Inovação: A Mudança Tecnológica nos Estados Unidos da América no Século XX**. São Paulo: Unicamp.

MOWERY,D (1996). "Introduction". In: MOWERY, D.(ed).**The international computer software industry: a comparative study of industry evolution and structure**. Oxford University Press, Nova York, EUA.

MOYNIHAN, C (2008). **The Irish software industry 1989-2008: an overview of its development**. Dissertação de mestrado. School of Management,, Blekinge Institute of Technology.

NATIONAL ASSOCIATION OF SOFTWARE AND SERVICE COMPANIES, NASSCOM (2010). Documentação variada disponível no sítio eletrônico. Disponível em: <<www.nasscom.org>>. Acesso em: julho de 2010.

NELSON, R. (1995). The co-evolution of technology, industrial structure and supporting institutions. **Industrial and Corporate Change**. Oxford University Press, Vol 3, No1, pp 47-63.

NICHOLSON, B. e SAHAY, S. (2008). Human resource development policy in the context of software exports: case evidence from Costa Rica. **Progress in Development Studies**, v8, nº2, p 163-176.

Ó RIAN, S (2000). The flexible developmental state: globalization, information technology, and the "Celtic Tiger". **Politics and Society**, v28, nº2, junho, p. 157-193.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, OECD (2002). **Frascati Manual. Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development**, Paris.

_____ (2009). **Innovation in the software sector**, Paris.

PATEL, P. e VEGA, M. (1999). Patterns of internationalization of corporate technology: Location vs home country advantages. **Research Policy**, Vol.28, pp. 145-155.

PEARCE, R.D. (1999) Decentralised R&D and strategic competitiveness: globalised approaches to generation and use of technology in multinational enterprises (MNEs). **Research Policy**, Vol.28, No.2-3, pp. 157-178.

PIRAGIBE, C. (1985). **Indústria de informática –desenvolvimento brasileiro e mundial**. Rio de Janeiro, Campus, 282 p.

PONDÉ, J. (1993). **Competitividade da indústria de software**. Relatório de Pesquisa Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira. NEIT/IE/UNICAMP.

PRESSMAN, R. (2001). **Software Engineering: A Practitioner's Approach**. MacGraw-Hill Publishing.

RIBEIRO, A.R. (2001). **A indústria brasileira de software: qualidade como um fator de competitividade**. Dissertação de mestrado, IE/UNICAMP.

ROSELINO, J. E. (1998). **Uma análise das potencialidades da atividade de software no Brasil à luz das práticas concorrenciais do setor**. Dissertação de mestrado, IE – Unicamp, Campinas.

ROSELINO, J.E, DIEGUES, A.C e GARCIA, R.C. (2008). **Centro e Periferia na Indústria de Software: o modelo terciário-exportador**. XIII Encontro Nacional de Economia Política/SEP, João Pessoa/Paraíba.

ROSELINO, J.E. (2006). **A Indústria Software: o "modelo brasileiro" e perspectiva comparada**. Tese de doutoramento, IE – Unicamp, Campinas.

SANDS, A. (2005). The Irish Software Industry. In: ARORA, A e GAMBARDELLA, A. (ed). **From Underdogs to Tigers: The Rise and Growth of the Software Industry in Brazil, China, India, Ireland and Israel**. Oxford University Press, Estados Unidos.

SCHWAB, R. (1992). Software Industry Strategies for Developing Countries: A “Walking on Two Legs” Proposition, **World Development**, Vol.20, No.2, Elmsford, New York.

SOFTEX, MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, MIT (2002). **A indústria de software no Brasil, 2002: fortalecendo a economia do conhecimento**. Campinas: Softex, 80p.

SOFTEX, SOFTEX. (2009). **Software e Serviços de TI: A Indústria Brasileira em Perspectiva – n.1**. Campinas: [s.n.].

STEINMUELLER, E. (1996). The U.S. Software Industry: An analysis and interpretative history. Em: MOWERY, D. (ed). **The international computer software industry: a comparative study of industry evolution and structure**. Oxford University Press, Nova York, EUA.

STURGEON, T.J. (2002). Modular production networks: a new American model of industrial organization”. **Industrial and Corporate Change**, Vol. 11, No. 3, pp. 451-496.

- TANENBAUM, A (2007). **Organização estruturada de computadores**. Pearson, Prentice Hall, 5ª edição.
- TIGRE, P.B. (1985). **Computadores brasileiros: indústria, tecnologia e dependência**. Rio de Janeiro: Campus.
- VELOSO, F; TSCHANG, T. e AMSDEM, A. (2003). **Slicing the knowledge-based economy in Brazil, China and India: a tale of 3 software industries**. Carnegie Mellon University, mimeo.
- VIEIRA, E.C. (2005). **Princípios econômicos aplicados a tecnologia de informação: uma análise sobre a indústria brasileira de software de gestão integrada**. Dissertação de mestrado, IE – Unicamp, Campinas.
- WICKHAM, J. e BRUFF, I. (2008). Skills shortages are not always what they seem: migration and the Irish software industry. **New Technology, Work and Employment**, Vol.23, No.1-2, pp.30-43.
- WORLD TRADE ORGANIZATION, WTO (2010). **International Supply Chains and Trade Elasticity in Times of Global Crisis**.

ANEXOS

ANEXO 1 – DESCRIÇÃO DAS PESQUISAS UTILIZADAS PARA ANÁLISE DO CASO BRASILEIRO

O entendimento correto e preciso do âmbito de cada pesquisa utilizada no trabalho é fundamental, uma vez que dele depende a compilação e comparação dos dados para o setor de *software*. A seguir, são apresentadas e descritas as duas fontes principais de informações utilizadas pelo trabalho – PAS e RAIS.

1. Pesquisa Anual de Serviços (PAS)

A PAS foi iniciada em 1998 e tem por objetivo analisar um conjunto de atividades diversificadas e referidas como “setor produtor de serviços”. A PAS observa a classificação CNAE 1.0. Para o setor de *software*, é responsável pelas informações referentes à divisão 72 (Atividades de Informática e Serviços Relacionados). O conjunto de empresas é definido pelo atendimento dos seguintes critérios:

- Estar em situação ativa no Cadastro Central de Empresas –CEMPRE, do IBGE, que cobre as entidades com registro no Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica – CNPJ;
- Ter atividade principal compreendida nos segmentos da CNAE 1.0 selecionados;
- Estar sujeita ao regime jurídico das entidades empresariais, excluindo-se, portanto, Órgãos da Administração Pública Direta e Instituições Privadas sem Fins Lucrativos; e
- Estar sediada no Território Nacional e, em particular, para as Unidades da Federação da Região Norte (Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará, Amapá e Tocantins), são consideradas apenas aquelas que estão sediadas nos municípios das capitais, com exceção do Pará, onde são consideradas aquelas que estão sediadas nos municípios da região metropolitana.

A unidade de investigação da PAS é a empresa, definida como a unidade jurídica caracterizada por uma firma ou razão social, que engloba o conjunto de atividades econômicas exercidas em uma ou mais unidades locais. Por unidade local, entende-se o espaço físico, geralmente uma área contínua, no qual uma ou mais atividades econômicas são desenvolvidas, correspondendo, na maioria das vezes, a cada endereço de atuação da empresa.

A amostra da PAS é composta por dois estratos: natural e final. Os estratos naturais são construídos a partir da reunião de empresas com a mesma combinação de Unidade da Federação e Classificação de Atividade. Os estratos finais, por sua vez, são subdivididos em outros dois: estrato certo e amostrado (para cada cruzamento, ou seja, estrato natural). A alocação de empresas em cada um deles é definida pelo pessoal ocupado e o número de Unidades da Federação em que atuam e seguindo os critérios:

- Estrato certo; empresas com 20 ou mais pessoas ocupadas. Também inclui as empresas que, no cadastro básico de seleção, possuem menos de 20 pessoas ocupadas e atuam em mais de uma UF;

- Estrato amostrado: empresas com menos de 20 pessoas ocupadas e que atuam em apenas uma UF.

A PAS realiza um levantamento de informações econômico-financeiras que subsidiam o Sistema de Contas Nacionais em estimativas de valor da produção, consumo intermediário, volume e composição do valor adicionado, formação de capital e pessoal ocupado. A seguir, são apresentados e descritos os conceitos das principais variáveis investigadas pela pesquisa.

- Consumo intermediário: mercadorias, materiais de consumo e de reposição; combustíveis e lubrificantes; serviços prestados por terceiros, aluguéis de imóveis; veículos; máquinas e equipamentos; prêmios de seguros; serviços de comunicação; energia elétrica; gás e esgoto; outros custos e despesas operacionais.
- Contribuições para a previdência social: despesas de competência do ano de referência da pesquisa, independente de terem sido pagas ou não.
- Custos das mercadorias revendidas: valor contábil do custo das mercadorias revendidas (compras mais estoque inicial menos estoque final) e levado à demonstração do resultado do exercício. Para incorporação de imóveis, considera-se o custo de venda dos imóveis.
- Deduções: valores deduzidos do faturamento bruto da empresa, como vendas canceladas, abatimentos e impostos sobre vendas e serviços.
- Despesas não operacionais: despesas não vinculadas à atividade da empresa, como prejuízo na venda de bens do ativo permanente e outras.
- Indenizações por dispensa: obrigações da empresa quando da dispensa de um funcionário. Exemplos: aviso prévio, 13º salário, etc.
- Membros da família: membros da família ou sócios que trabalham na empresa, mas não são remunerados.
- Mercadorias, materiais de consumo e reposição utilizados na atividade específica: despesas com formulários de impressão consumidos nas atividades de informática e manutenção e reparação de bens do ativo imobilizado.
- Outras receitas operacionais: receitas que não fazem parte do objeto social da empresa, como franquias, aluguel de imóveis, recuperação de despesas de exercícios anteriores, etc.
- Outros custos e despesas operacionais: despesas e custos não informados nos demais itens, como *royalties*, direitos autorais, despesas com viagens, assinatura de revistas, etc.
- Pessoal ocupado: total de pessoas ocupadas em 31/12 do ano de referência. Composto por pessoal assalariado e não assalariado. Neste último, são computados proprietários e sócios com atividade na empresa, membros da família sem remuneração e cooperados.
- Pessoal assalariado: pessoas ocupadas em 31/12, remuneradas, mas independente de terem ou não vínculo empregatício.
- Receita bruta: receita proveniente da prestação de serviços, revenda de mercadorias e outras receitas sem dedução de impostos sobre receitas.
- Receita de prestação de serviços: receita da exploração de uma ou mais atividades.
- Receita de revenda de mercadorias: receita proveniente da exploração de vendas de mercadorias adquiridas de terceiros, sem processamento algum.

- Receitas financeiras e variações monetárias ativas: receitas do exercício relativas a juros recebidos, aplicações financeiras, etc.
- Receita líquida: receita bruta oriunda da prestação de serviços, da revenda de mercadorias e outras atividades, deduzida de PIS/PASEP e das vendas canceladas, ICMS, ISS, SIMPLES, IPI, COFINS.
- Receita líquida de exportação de mercadorias e serviços: para serviços, são consideradas as transações entre empresas sediadas no país e no exterior ou clientes residentes no exterior, inclusive embaixadas.
- Retiradas pró-labore: pró-labore dos sócios e proprietários.
- Salários e outras remunerações: salários fixos, honorários de diretoria, comissões sobre vendas, horas extras, participação nos lucros, 13º salário, abono financeiro de 1/3 das férias, sem dedução das parcelas correspondentes às cotas do INSS ou de consignação de interesse de empregados.
- Serviços prestados por terceiros: despesas pagas a profissionais autônomos ou empresas prestadoras de serviços.

Fonte: SOFTEX (2009) e Notas técnicas IBGE (<http://www.ibge.gov.br/home/>). .

2. Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)

A RAIS é um registro administrativo de responsabilidade do Ministério do Trabalho e Emprego, de caráter obrigatório, a que devem prestar informações todos os estabelecimentos presentes no território nacional, inclusive aqueles que não registraram vínculos empregatícios no exercício. Ela é uma das principais fontes de informação sobre o mercado de trabalho formal brasileiro, sendo considerada um censo porque sua cobertura é superior a 97% dos vínculos empregatícios formais do país.

Dessa forma, ela contempla praticamente todos os empregados formais celetistas, estatutários, temporários, avulsos, entre outros. Tanto na PAS quanto na RAIS, o número de empregados informados é o do grupo formal, porém, os dados que as empresas fornecem a uma e outra não são iguais, podendo ser este fato uma das razões de discrepâncias entre os dados da PAS e da RAIS.

O sistema de classificação da RAIS é auto-declaratório. Isto significa que cabe ao próprio informante identificar a que seção da CNAE pertence a atividade de sua empresa, diferentemente das pesquisas do IBGE, cuja classificação é feita a partir de uma lista de bens e serviços informados pela empresa. Daí vem, portanto, uma parcela das eventuais diferenças entre os dados da RAIS e das pesquisas econômicas do IBGE.

O tratamento estatístico das informações da RAIS permite que os dados divulgados apresentem recortes por município, classe de atividade econômica, ocupação, gênero, faixa etária, grau de instrução, faixa de rendimento, rendimento médio e massa salarial. Segue a relação e respectiva descrição das variáveis abrangidas pela RAIS:

- Vínculo empregatício: por vínculo empregatício entende-se a relação de emprego que se estabelecer sempre que ocorrer trabalho remunerado com submissão hierárquica ao empregador e horário pré-estabelecido. Ele pode ser celetista ou estatutário. O vínculo ativo representa a permanência do empregado junto ao empregador em 31/12 do ano de referência.
- Emprego: o número de empregos corresponde ao número de vínculos empregatícios ativo em determinada data.

- Remuneração média mensal nominal: média aritmética das remunerações médias mensais individuais nominais de todos os vínculos (soma das remunerações mensais nominais de janeiro a dezembro de todos os vínculos, dividida pela soma das frequências no mesmo período). Não é considerado o 13º salário e os meses com remuneração não disponível por problemas na declaração não são computados.
- Atividade econômica: atividade econômica principal do estabelecimento, de acordo com a CNAE.

A principal vantagem da RAIS é sua abrangência, uma vez que permite o cruzamento de diversas variáveis. Sua limitação é a omissão de declaração dos estabelecimentos, seguida de erros de preenchimento (informações incompletas ou incorretas) e agregação das declarações por matriz (quando o correto seria fornecer as informações por estabelecimento).

Fonte: SOTEX (2009) e SEPIN (Superintendência de Estatística, Pesquisa e Informação: <http://www.seplan.gov.br/sepindex.asp>).

3. Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC)

Pesquisa realizada pelo IBGE, com o apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), do Ministério da Ciência e Tecnologia. A pesquisa tem por objetivo construir indicadores setoriais nacionais e regionais das atividades de inovação tecnológica das empresas brasileiras, que sejam comparáveis com as informações de outros países. O foco da pesquisa recai sobre os fatores que influenciam o processo de inovação nas empresas, suas estratégias, os esforços empreendidos, incentivos, obstáculos e resultados da inovação.

A pesquisa é realizada pessoalmente ou através de entrevistas por telefone. Elas precisam ser assistidas por um técnico do IBGE para assegurar a uniformidade dos resultados, uma vez que o termo inovação tem múltiplas significações. O questionário a ser respondido é enviado previamente para as empresas. Os resultados da pesquisa do ano n são disponibilizados em meados do ano $n+2$.

Fonte: Notas técnicas IBGE (<http://www.ibge.gov.br/home/>).

ANEXO 2 - GLOSSÁRIO

ASSEMBLER: Um programa tradutor que converte uma linguagem de máquina numérica (binária) para uma linguagem de montagem (ver abaixo).

BIT: Unidade básica de memória. Um bit pode conter um 0 ou um 1. É a unidade mais simples possível. Como o sistema binário requer a distinção entre apenas estes dois valores, é o método mais confiável para codificar informações digitais. Os computadores que usam o sistema de números binários expressam endereços de memória como números binários. Assim, se um endereço tiver m bits, o número máximo de células de memória endereçáveis é 2^m (TANENBAUM, 2007:40).

BYTE: Uma célula de memória que contém 8 *bits*. Os *bytes* são agrupados em palavras. Assim, um computador com uma palavra de 32 *bits* tem 4*bytes*/palavra (TANENBAUM, 2007:40).

COMPILADOR: Tipo de tradutor (veja abaixo) que converte uma linguagem de alto nível como Java ou C para uma linguagem de máquina (ver abaixo) numérica ou uma representação simbólica de uma linguagem de máquina numérica.

FIRMWARE: Instruções de programação de computador armazenadas em uma unidade de memória.

INTERFACE DE PROGRAMAÇÃO DE APLICATIVOS (*Application Programming Interfaces*): São o que possibilita que os sistemas operacionais forneçam serviços para as aplicações, atividades que variam de serviços rudimentares de *hardware*, como mover um cursor no monitor, a serviços de *software* sofisticados, como desenhar e mover objetos tridimensionais. Elas captam o argumento da aplicação e fazem com que os serviços do sistema desempenhem o trabalho que ela necessita. Seu trabalho é inserir a informação na função que faz o sistema realizar determinada tarefa (EVANS et al., 2006:28). Como o próprio nome diz, as APIs funcionam, portanto, como interfaces entre os serviços e as aplicações.

KERNEL: É o núcleo de um sistema operacional, que faz com que os componentes físicos da máquina (*hardware*) interajam com o sistema operacional (*software*). Ele administra características como memória, tarefas de programação, microprocessadores e algumas funções de suporte. Ele é a camada de *software* mais próxima do *hardware* e é ele quem controla e gerencia os recursos do *hardware* para que o sistema operacional faça uso dele e calcule 2+2, por exemplo. Ele tem o controle sobre tudo o que ocorre no sistema. Mas a descrição geométrica desta operação é disponibilizada graficamente em um telefone celular ou monitor de computador, por exemplo, através de uma plataforma de *software*. É importante observar que o *kernel* não interage diretamente com o usuário, e sim com os dispositivos de *hardware* da máquina. Ele está organizado como um conjunto de módulos que podem ser modificados independentemente dos outros, de modo que novos módulos possam ser adicionados ao sistema (EVANS et al., 2006:33).

LINGUAGEM DE MÁQUINA: Conjunto de instruções de “baixo nível”. Um programa nesse nível de abstração é uma longa lista de números binários, um por instrução, que informa quais instruções executar e quais são seus operandos (TANENBAUM, 2007:409).

LINGUAGEM DE MONTAGEM (*Assembly Language*): Representação simbólica da arquitetura do conjunto de instruções com nomes mnemônicos (ou seja, palavras curtas) como ADD, SUB, em vez de números binários. É uma linguagem na qual cada declaração produz exatamente uma instrução de máquina, ou seja, há uma correspondência um-para-um entre instruções de máquina e declarações no programa de montagem. A razão para utilizá-la vem do fato de que é muito mais fácil programar em linguagem de montagem, relativamente à linguagem de máquina. “A utilização de nomes e endereços simbólicos em vez de binários ou octais faz uma enorme diferença. A maioria das pessoas pode se lembrar de que as abreviaturas para somar, subtrair e multiplicar são ADD, SUB, MUL e DIV, mas poucas conseguem se lembrar dos valores numéricos correspondentes que a máquina usa” (TANENBAUM, 2007:300).

LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO: Permite aos seres humanos comunicar instruções ao computador. Ela realiza o transporte das instruções à máquina através do que ficou conhecido como *linguagem de máquina*. Ela é um intermediário (ou “camada de instruções”) situado entre a aplicação e o *hardware* (EVANS et al., 2006:34).

MEMÓRIA CACHE: Memória pequena e rápida. A idéia básica de uma cache é: as palavras de memória utilizadas com mais frequência são mantidas na cache. Quando o computador precisa de uma palavra, ele examina primeiro a cache. Somente se a palavra não estiver ali é que ela recorre à memória principal. Se uma fração substancial das palavras estiver na cache, o tempo médio de acesso pode ser muito reduzido (TANENBAUM, 2007:44).

MEMÓRIA RAM: Utilizada pelo processador para armazenar arquivos e programas que estão em funcionamento em um dado tempo, como uma espécie de armazém temporário, uma vez que os dados se perdem ao reiniciar o computador (TANENBAUM, 2007:98). A quantidade de memória RAM disponível tem grande efeito sobre o desempenho; sem ela, o computador passa utilizar outras fontes de memória, o que torna o computador muito mais lento. Sua capacidade é medida em Bytes, kilobytes, megabytes ou gigabytes e sua velocidade de funcionamento em Hz ou MHz, valor relacionado à quantidade de blocos de dados que podem ser transferidos durante um segundo.

MIDDLEWARE: Mediador. Faz a mediação entre o *software* e as demais aplicações. Ele é utilizado para mover ou transportar informações/dados entre programas de diferentes plataformas e dependências do sistema operacional. Geralmente é constituído por módulos contendo APIs de alto nível que o integram com aplicações desenvolvidas em diversas linguagens de programação e interfaces de baixo nível. Em poucas palavras, é composto por um conjunto de processos ou objetos em um grupo de computadores, que interagem entre si no intuito de fornecer integração, ampliar a comunicação e oferecer suporte para o compartilhamento de recursos e aplicativos.

PLATAFORMA DE SOFTWARE: Uma plataforma de *software* é um conjunto de programas, ou seja, de símbolos escritos, que fica entre o *hardware* e a aplicação. Um computador pode ter várias delas baseadas em diferentes combinações de sistemas de operações e programas mediadores, como as APIs. Algumas das plataformas de *software* mais populares, que ilustram, inclusive, as diversas maneiras de se construírem-nas, são: Windows, Unix e Linux (EVANS et al., 2006:33).

SISTEMA OPERACIONAL: É um *software* básico que controla as operações de um computador (MOWERY, 1996:4). Os sistemas modernos possuem milhões de linhas de

código, cujo desenvolvimento exige a presença de grandes equipes de programadores e pode levar anos. Em poucas palavras, é um programa que gerencia os recursos de um computador. A descrição geométrica da operação $2+2$, por exemplo, é disponibilizada graficamente em um telefone celular ou em monitor de computador através de uma plataforma de *software* (EVANS et al., 2006:36).

TRADUTOR: Programa que converte um programa de usuário (linguagem-fonte) escrito em alguma linguagem para outra linguagem (linguagem-alvo). Se houver um processador disponível que possa executar diretamente programas escritos em linguagem-fonte, não há necessidade de traduzir o programa-fonte para a linguagem-alvo. A tradução é usada quando há um processador (*hardware* ou interpretador) disponível para a linguagem-alvo, mas não para a linguagem-fonte. Se for realizada corretamente, a execução do programa traduzido trará exatamente os mesmos resultados que a execução do programa-fonte se houvesse um processador disponível para ele (TANENBAUM, 2007:299).

ANEXO 3 – ATIVIDADES E EMPRESAS DE *SOFTWARE* NA ÍNDIA - DETALHAMENTO

1. Classificação das atividades de software na Índia (NIC 2004 – revisão 3.1 da ISIC)

Seção K: Atividades imobiliárias, aluguéis e atividades de negócios

Divisão 72: Informática e atividades relacionadas

Grupo	Classe	Subclasse	Descrição
721	7210 (Consultoria em hardware)	72100	Consultoria em hardware (Esta classe inclui consultoria sobre tipo e configuração de hardware com ou sem aplicações de software associadas).
722	7221 (Publicação de software)	72211	Produção, fornecimento e documentação de software não customizado.
		72212	Produção, fornecimento e documentação de software não customizado operando software de sistemas.
		72213	Produção, fornecimento e documentação de software não customizado para negócios e outras aplicações, quando a aplicação é escrita claramente.
		72214	Produção, fornecimento e documentação de software não customizado para jogos eletrônicos para todas as plataformas.
	7229 (Outras consultorias em software e fornecimento)	72291	Análise, projeto e programação de software customizado, pronto para uso, incluindo a análise de problemas e necessidades dos usuários, consultoria sobre a melhor solução e produção de software para realizar esta solução.
		72292	Desenvolvimento, produção, fornecimento e documentação de software sob encomenda (<i>made-to-order</i>) baseado em pedidos de usuários específicos.
		72293	Escrita de programas de qualquer tipo seguindo as diretrizes dos usuários
		72294	Projeto de páginas da internet
		72295	Manutenção de software
723	7230 (Processamento de dados)	72300	Processamento de dados (Isto inclui processamento ou tabulação de todos os tipos de dados. Prestação de serviços (i) em uma base horária ou partilha de tempo e (ii) gestão ou operação de infraestrutura/instalações de processamento de dados sob partilha de tempo, ou com base em comissões ou por contratos
724	7240 (Atividades de banco de dados e distribuição de conteúdo eletrônico)	72400	Atividades de banco de dados e distribuição de conteúdo eletrônico. (Isto inclui desenvolvimento de banco de dados, armazenamento de dados e disponibilidade de base de dados. A provisão de dados em certa ordem/sequência, acessível a todos ou a usuários específicos e podem ser classificados sob demanda: atividades de documentação computadorizadas fornecidas por livrarias são classificadas na classe 9231).
725	7250 (Manutenção e reparo de maquinário de escritório, contabilidade e de	72501	Reparo e manutenção de computadores e sistemas baseados em computador
		72502	Reparo de maquinário de escritório, contabilidade e informática (incluindo reparo de máquinas fotocopadoras e máquinas de duplicação) excluindo computadores e

	informática).		sistemas baseados em computador.
729	7290 (Outras atividades de informática relacionadas. Por exemplo, manutenção de sítios eletrônicos de outras firmas/criação de apresentações multimídia para outras empresas, etc.).	72901 72909	Atividades de cyber café Outras atividades de informática relacionadas.

Fonte: MOSPI (Ministério das Estatísticas da Índia), Governo da Índia (http://www.mospi.gov.in/nic_2004_index.htm).

1. As vinte maiores empresas indianas do setor de *software* e serviços relacionados, 2009

Posição	Empresa	Ano de fundação	Número de empregados	Receita total (US\$ mil)	Exportações (%)	Atividades	Pontos fortes	Pontos fracos
1	TCS	1968	126.150	5.668.564	92	Serviços de <i>software</i> , consultoria em TI e BPO	Consolidação internacional pode a tornar mais vulnerável às flutuações econômicas	Mercado doméstico ainda é seu calcanhar de Aquiles; precisa aumentar investimento em P&D
2	Wipro	1981	ND	5.228.109	73	Produtos e serviços de <i>software</i>	Única grande empresa a ter boa receita a partir de todos os segmentos no mercado doméstico	Rotatividade dos empregados
3	Infosys	1981	104.850	4.464.098	99	Serviços de TI, produtos de TI, consultoria e BPO	Modelo de entrega global e longos relacionamentos com clientes	Agente de pouca participação no mercado doméstico; alta dependência de EUA e Europa
4	HP Índia	1989	31.656	3.450.088	18	Servidores, <i>software</i> , <i>hardware</i> , serviços e soluções de TI	Sua gama de produtos e serviços	Canais de distribuição
5	IBM Índia	1992	76.000	2.637.478	52	Serviços de TI, BPO, servidores, <i>middleware</i> , sistemas de <i>software</i>	Líder em serviços	Rotatividade dos empregados
6	Cognizant Technology Solutions	1994	48.000	2.059.982	100	Produtos e serviços de TI e BPO	Disciplina financeira que trouxe boas margens e estratégia de reinvestimento mesmo em épocas de crise	Alta dependência dos EUA; especificidade do BPO, que pode dar margens, mas não escala
7	Ingram Micro	1996	1.200	2.056.918	0	Distribuição de produtos de TI e eletrônicos de consumo	Variedade de linhas de produtos, resultado de relacionamento com os principais fornecedores de TI	Falta de foco com sua marca doméstica
8	HCL Technologies	1991	51.979	1.918.564	92	<i>Software</i> , infraestrutura e BPO	Ganhou espaço com a aquisição da Axon e parcerias estratégicas internacionais	Falta de rede global de distribuição
9	HCL Infosystem	1976	6.077	1.770.797	ND	Computadores, sistemas, infraestrutura, automação de escritório, <i>software</i> e integração de redes	Força no setor governamental e em segurança.	Perdendo terreno com a Nokia; Baixa parcela de mercado no segmento de PCs/Laptops

10	Redington India	1993	1.700	1.439.580	0	Distribuição de PCs, servidores, periféricos, equipamentos e componentes	Portfólio diversificado, reinvestimento, infraestrutura de distribuição no estado-da-arte	Muito cautelosa na expansão e leva tempo considerável para lançar novas iniciativas
11	Cisco System	1995	4.850	1.331.874	11	Produtos e serviços de rede	Sucesso no setor governamental	Comoditização de roteadores e switches como principais produtos (margem menor)
12	Oracle Índia	1993	24.000	1.305.166	ND	Bancos de dados, <i>middleware</i> , aplicativos de <i>software</i>	Domínio no mercado de bancos de dados	Em aplicativos, ainda atrás da SAP
13	Intel Índia	1988	2.500	1.028.459	9	Processadores, plataformas, P&D	Liderança de mercado	Incapacidade de atender ao mercado de computação de baixo custo
14	Accenture	1987	40.000	963.222	93	Consultoria TI	Forte presença indiana	Mercado doméstico
15	SAP Índia	1996	5.424	945.709	16	<i>Software</i> pacote e serviços	Liderança em aplicativos para empresas, principalmente no setor químico	Pouca força nos mercados varejista e imobiliário
16	Dell Índia	2000	ND	924.694	0	<i>Desktops</i> , <i>laptops</i> e servidores	Grande potencial no mercado de consumo; rede de distribuição	Atendimento ao cliente; marketing
17	Techn Mahindra	1986	24.318	918.345	98	Serviços de <i>software</i> e BPO	Ampla conhecimento em telecomunicações	Mercado doméstico
18	Microsoft Índia	1981	5.300	721.979	7	Produtos e serviços de <i>software</i> e consultoria	Líder incontestado no mercado de sistemas operacionais	Dupla tributação
18	MphasiS	1992	33.810	694.615	97	Serviços de TI e BPO	Parceria com HP-EDS trouxe bons resultados	Dependência do mercado externo
20	Patni Computer Systems	1978	14.479	659.151	99	Desenvolvimento de aplicativos, serviços de gestão de infraestrutura, BPO e sistemas embarcados	<i>Pool</i> de talentos; reservas, que podem ajudar em futuras aquisições	Grande dependência dos EUA, apesar de esforços de diversificação

Fonte: Elaboração própria com base em Dataquest 2009 (The DQ 20) (http://dqindia.ciol.com/content/dqtop20_09/default.asp).

ANEXO 4 – ATIVIDADES E EMPRESAS DE *SOFTWARE* NA IRLANDA – DETALHAMENTO

1. Estrutura detalhada das atividades econômicas relacionadas à indústria de *software* na Irlanda – revisão 2 NACE (<<completar>>) – (baseada na revisão 4 da ISIC).

A base de dados utilizada para classificação das atividades econômicas na Comunidade Europeia é chamada de NACE, *Statistical Classification of Economic Activities*. Atualmente, a base está em sua segunda revisão, finalizada no ano de 2007 por um grupo de especialistas dos Estados-membros da Comunidade, e baseia-se na quarta revisão da ISIC (*International Standard Industrial Classification*) das Nações Unidas.

Seção J: Informação e Comunicação

Divisão 62: Programação de computadores, consultoria e atividades relacionadas.

Divisão	Grupo	Classe	Descrição
620 (Programação de computadores, consultoria e atividades relacionadas)	6201	6201	Atividades de programação de computadores
		6202	Atividades de consultoria em informática
		6203	Atividades de gestão de infraestrutura de computadores
		6209	Outras atividades de tecnologia de informação e informática

ANEXO 5 – NOTAS TÉCNICAS SOBRE O CASO BRASILEIRO

1. As quinze maiores empresas brasileiras do setor de *software* e serviços relacionados, em vendas, Brasil, 2008

	Razão social	Nome	Tipo	Controle	Vendas (US\$ milhões)
1	Serviço Federal de Processamento de Dados - Serpro	SERPRO	Estatal	Brasileiro	616,0
2	Google Inc	Google	Privada	Americano	500,0
3	SAP Brasil Ltda	SAP	Privada	Alemão	458,7
4	Oracle do Brasil Sistemas Ltda	Oracle	Privada	Americano	377,1
5	CPM Braxis S.A	CpmBraxis	Privada	Brasileiro	350,8
6	Unisys Brasil Ltda	Unisys	Privada	Americano	333,1
7	Procomp Indústria Eletrônica Ltda	Diebold-Sp	Privada	Canadense	289,5
8	Empresa de Tecnologia e Informações da Previdência Social	Dataprev	Estatal	Brasileiro	258,4
9	Xerox Comércio e Indústria Ltda	Xerox	Privada	Americano	248,7
10	Totvs S.A.	Totvs	Privada	Brasileiro	243,3
11	Procomp Amazônia Indústria Eletrônica Ltda	Diebold-Am	Privada	Americano	222,9
12	Microsoft Informática Ltda	Microsoft Brasil	Privada	Americano	209,0
13	CTIS Tecnologia S.A.	Ctis	Privada	Brasileiro	202,3
14	Cia de Processamento de Dados do Estado de São Paulo	Prodesp	Estatal	Brasileiro	200,2
15	Politec Tecnologia de Informação S.A.	Politec	Privada	Brasileiro	193,2

Fonte: Elaboração própria a partir do portal Exame, relação 1000 maiores empresas do Brasil, 2008.

2. Notas técnicas sobre as empresas e outros atores da indústria de *software* brasileira entrevistados em pesquisa de campo

Totvs: Trata-se de uma das empresas mais conhecidas de Tecnologia da Informação e Comunicação do Brasil. Desenvolve *software* de suporte à gestão, está presente em vinte e três países e conta com cerca de nove mil colaboradores. A empresa teve origem no ano de 1983 (com a fundação da Microsiga), com o objetivo de elaborar programas para empresas de pequeno e médio porte. Atualmente, existem soluções para doze setores econômicos, dentre os quais agroindústria e construção civil. O entrevistado foi Laércio Cosentino, fundador e presidente da empresa, em sua sede, em São Paulo/SP.

Tivit: A empresa oferece serviços integrados de Tecnologia da Informação e Terceirização dos Processos de Negócios (BPO). Ela resulta de processos de fusão e aquisição da Telefutura, fundada em 1998 como uma prestadora de serviços de BPO. Em 2001, o Grupo Votorantim tornou-se principal acionista da empresa e incorporou várias empresas atuantes na prestação de serviços de TI e BPO. A empresa é responsável pelo desenvolvimento e operação da plataforma tecnológica do DDA (Débito Direto Autorizado), que inclui a

infraestrutura de computadores e sistemas. O entrevistado foi José Gadanha, vice-presidente da área de sistemas aplicativos, em São Paulo/SP.

Venturus Centro de Inovação Tecnológica: Trata-se de uma Associação (empresa privada sem fins lucrativos), originada da Ericsson e da demanda de investimento pela Lei de Informática especializada em pesquisa e desenvolvimento de sistemas de *software* embarcado de alta criticidade. Em 2009, foi classificada em uma lista da revista ComputerWorld como a oitava empresa com maior nível de escolaridade no Brasil – a maioria deles dedicada à área de P&D. Possui um portfólio de mais de 300 projetos de valor agregado que são utilizados no mundo todo e atua como um elo entre a indústria e o mundo acadêmico. O entrevistado foi o presidente da empresa, Antônio Ribeiro Neto, em Campinas/SP.

iSystems: Empresa incubada da Softex (Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro) e *spin-off* de alunos da Unicamp. Recebeu recursos do Programa de Subvenção Econômica da FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) e é focada em desenvolvimento de sistemas inteligentes para automação industrial que visam aumentar a eficiência produtiva dos clientes através da modelagem dos processos fabris, que envolvem aplicação de lógica *fuzzy* e redes neurais. O entrevistado foi o CEO da empresa, Igor Santiago, na sede da Softex, em Campinas/SP.

Griaule Biometrics: Empresa fundada em 2002 para exportação de *software* para reconhecimento automático de impressões digitais. Foi considerada uma das três melhores empresas do mundo em biometria na Classificação Mundial de Biometria, foi vencedora do FVC2006 (competição mundial de biometria), recebeu a terceira colocação no Prêmio Finep de Inovação Tecnológica em 2005 e tem recebido apoio da Fapesp, CNPq e Finep para pesquisas. Ela atua no desenvolvimento e exportação de algoritmos para reconhecimento automático de impressões digitais e faces que é utilizado pelos Detrans de Pernambuco, Mato Grosso do Sul e Ceará e aprovado pelo FBI. Do total de receitas, 80% são provenientes de exportações para países como EUA, México, Itália, Venezuela e Israel. O entrevistado foi Iron Daher, presidente da firma, em sua sede, em Campinas/SP.

André Costa Drummond: Formado em Engenharia da Computação pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (2002) e Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Campinas (2005). Atualmente, é bolsista de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial do CNPq e doutorando em Ciências da Computação pela Unicamp. Possui participação em diversos projetos de pesquisa com vínculos internacionais e Menção Honrosa no Congresso da Sociedade Brasileira de Computação em 2005.

Fábio Pagani: Bacharel em Ciência da Computação pela UNICAMP com especialização em *marketing* de *software* para o mercado norte-americano pela NSU EUA e em globalização de empresas pelo IMD Suíça. Como empresário, fundou a Quasar Informática em 1989, especializada em *software* para automação comercial, que produz o LojaFácil, com mais de 2.000 instalações. Em 1999, fundou a Acqua Software, produtora de *software* livre e soluções para computação móvel. Participou da fundação do núcleo Softex Campinas e assumiu várias

funções dentro da entidade. Atualmente, coordena o Actiminds, grupo de empresas formado em Campinas para exportar *software*.

Brasscom: Associação Brasileira de Empresas de Tecnologia da Informação e Comunicação. Congrega empresas nacionais e internacionais do setor que, juntas, somam 70% do Produto Interno Bruto brasileiro do setor. Foi criada em 2004 para posicionar o Brasil entre os principais centros globais de TI-BPO e para promover a excelência e a capacidade inovadora na indústria brasileira. Para isso, atua em quatro iniciativas principais: educação/capacitação, promoção de exportações e da marca, convergência digital e inovação, marco regulatório. O entrevistado foi seu presidente, Antônio Gil, em São Paulo/SP.

Ci&T: Empresa fundada em 1995 e especializada em consultoria, desenvolvimento de aplicações customizadas, *business intelligence* (BI), *marketing* digital e *outourcing* para segmentos como químico, óleo e gás, energia e bens de consumo. Utiliza uma metodologia de desenvolvimento ágil (Scrum), que é um modelo conceitual em engenharia de *software* que promove as interações previstas em todo o ciclo de desenvolvimento e é voltado, principalmente, para a velocidade da entrega. É um dos pilares da filosofia *lean* para o setor de TI. Possui um centro de desenvolvimento na China e dois no Brasil (Campinas e Belo Horizonte). O entrevistado foi Flávio Pimentel, diretor da área de inovação da empresa, em São Paulo/SP.