

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

Programa de Pós-Graduação em Economia

Silvia Maria Guidolin

**Inovação, estrutura e dinâmica industrial:
Um mapeamento empírico de regimes tecnológicos da indústria brasileira**

**Porto Alegre
2007**

Silvia Maria Guidolin

**Inovação, estrutura e dinâmica industrial:
Um mapeamento empírico de regimes tecnológicos da indústria brasileira**

Dissertação apresentada ao curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Economia, ênfase em Economia do Desenvolvimento

Orientador: Prof. Dr. Orlando Martinelli Júnior

**Porto Alegre
2007**

G948i

Guidolin, Silvia Maria

Inovação, estrutura e dinâmica industrial : um mapeamento empírico de regimes tecnológicos da indústria brasileira / Silvia Maria Guidolin. – Porto Alegre, 2007.

129 f. : il.

Orientador: Orlando Martinelli Júnior.

Ênfase em Economia do Desenvolvimento.

Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação em Economia, Porto Alegre, 2007.

1. Indústria : Brasil. 2. Indústria : Inovação tecnológica. 3. Economia industrial. I. Martinelli Júnior, Orlando. II. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Ciências Econômicas. Programa de Pós-Graduação em Economia. III. Título.

CDU 338.45

**INOVAÇÃO, ESTRUTURA E DINÂMICA INDUSTRIAL:
UM MAPEAMENTO EMPÍRICO DE REGIMES TECNOLÓGICOS DA INDÚSTRIA
BRASILEIRA**

SILVIA MARIA GUIDOLIN

Dissertação apresentada ao curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Economia, ênfase em Economia do Desenvolvimento

Aprovada em: Porto Alegre, 31 de outubro de 2007.

Prof. Dr. Orlando Martinelli Júnior – Orientador
UFRGS

Prof. Dr. Silvio Antonio Ferraz Cario
UFSC

Profa. Dra. Marcilene Aparecida Martins
UFRGS

Prof. Dr. Octavio Augusto Camargo Conceição
UFRGS

Agradecimentos

Quando entrei no mestrado, muitos temas de pesquisa diferentes navegavam na minha cabeça. E a cada nova disciplina cursada, estas possibilidades se multiplicavam. A escolha, por fim, mostrou o caráter *path-dependent* da pesquisa acadêmica, pois é inegável a influência da experiência no Grupo de Estudos em Economia Industrial – GEEIN na trajetória escolhida. Deste modo, os agradecimentos desta dissertação começam pelos queridos amigos de Araraquara-SP, dos quais recebi todo o apoio necessário para entrar na pós-graduação, além da valiosa experiência de aprendizado que só um grupo de estudos como o GEEIN pode proporcionar. Em especial, agradeço aos amigos Wellington e Andréa, cujo incentivo na etapa final da dissertação teve importância bem maior do que eles imaginam.

Chegando a Porto Alegre, impossível não ser grata às queridas seis mulheres – Catarina, Gabriela, Kellen, Lorena, Márcia, Nina – e ao Zé. Todos juntos formamos o “Mestrado das Sete Mulheres” – talvez o único mestrado em Economia do Brasil com tamanha hegemonia feminina. Todas as aventuras destes dois anos e meio mereciam um livro! Se ele não se materializar um dia, todas elas continuarão, pra sempre, guardadas com carinho no meu coração!

Agradeço aos professores do departamento que deram valiosas contribuições para as atividades de pesquisa e docência desenvolvidas ao longo do mestrado – Carlos Horn, Hélio Henkin, Marcilene Martins, Octávio Conceição, Sabino Porto Júnior e Sérgio Monteiro. Agradeço também o suporte da secretaria do PPGE e dos funcionários da biblioteca.

Contudo, esta dissertação não seria viável se não fosse o apoio recebido dos pesquisadores do IPEA. Minha sincera gratidão a Lenita Turchi, por ter confiado no trabalho que seria realizado, e a Patrick Alves e outros pesquisadores que preparam os dados a serem explorados nesta pesquisa. Não posso deixar de mencionar também a contribuição valiosa da professora Jandyra Fachel, coordenadora do Núcleo de Assessoria Estatística da UFRGS, que ajudou nas minhas dúvidas durante a aplicação empírica deste trabalho.

Ao meu querido orientador, meu agradecimento vai além do enorme aprendizado acadêmico. Suas palavras de apoio, nos diversos momentos de “altos e baixos” que fizeram parte desta pesquisa, sempre conseguiram me trazer de volta a Terra, onde quer que eu estivesse. Ao Professor e Orientador Orlando Martinelli, por quem possuo enorme respeito e consideração, meu MUITO OBRIGADA!

Aos meus pais, familiares e amigos, que deram todo o carinho para que eu pudesse morar longe, e ao mesmo tempo, estar perto de todos. É por vocês que a solidão se manteve distante no inverno porto alegre, mesmo nos momentos de introspecção necessários à pesquisa. Ellen e Thiago, o carinho de vocês aquece o coração a qualquer distância...

Por fim, mas acima de tudo, agradeço a Deus e a todos os anjos e santos a quem roguei nos momentos de aflição e louvei nos momentos de alegria. A conclusão deste trabalho é o maior sinal de que sempre fui amparada e atendida. Faço aqui uma homenagem especial ao anjo – chamado Ângela – que cumpriu sua missão com todo o amor, carinho e compreensão que podem caber dentro da palavra mãe. Palavra que é do tamanho do céu, e apenas menor que Deus, como sabiamente escreveu o poeta Mário Quintana.

The essential point to grasp is that in dealing with capitalism we are dealing with an evolutionary process. It may seem strange that anyone can fail to see so obvious a fact which moreover was long ago emphasized by Karl Marx. Yet that fragmentary analysis which yields the bulk of our propositions about the functioning of modern capitalism persistently neglects it. Let us restate the point and see how it bears upon our problem.

Joseph A. Schumpeter, 1942

Resumo

Este trabalho está voltado para o estudo da relação entre tecnologia e dinâmica industrial. Para tanto, utiliza-se o conceito de regimes tecnológicos com enfoque nas barreiras tecnológicas à entrada em detrimento das condições de apropriabilidade. As barreiras tecnológicas à entrada são as características próprias ao conhecimento necessário para inovar que limitam o seu acesso por concorrentes potenciais, ou seja, fazem uma distinção clara entre a concorrência potencial e a concorrência efetiva. Desta forma, as características do conhecimento e do processo inovativo determinam e condicionam a estrutura de mercado e a dinâmica industrial. O conceito de regimes tecnológicos permite agrupar os setores cujas características do processo inovativo e de dinâmica industrial sejam semelhantes. A tipologia de regimes tecnológicos adotada foi elaborada por Marsili (2001), a partir de indicadores extraídos dos países desenvolvidos. Considerando que o processo inovativo difere significativamente entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, o objetivo deste trabalho foi verificar se esta tipologia é adequada ao estudo da indústria brasileira. Para alcançar este objetivo, foram utilizados métodos da análise estatística multivariada e indicadores sobre tecnologia, inovação, estrutura de mercado e dinâmica industrial. Os testes empíricos realizados mostraram que a taxonomia de regimes tecnológicos não formou grupos setoriais significativamente distintos, de modo que fosse possível identificá-los. Além disso, a análise de *clusters* evidenciou, através de novos agrupamentos setoriais, que a indústria brasileira possui regimes tecnológicos que diferem dos definidos para os países desenvolvidos. Portanto, os resultados obtidos reforçam a importância de aprofundar a literatura sobre as características da mudança técnica nos países em desenvolvimento.

Palavras-chave: Economia da Tecnologia, Economia Industrial, Inovação, Regimes Tecnológicos, Dinâmica Industrial, Estrutura de Mercado, Indústria Brasileira.

Abstract

This work concerns the study of the relationship between technology and industrial dynamics. To assess this relationship, the concept of technological regimes, centered in the technological entry barriers instead of the appropriability conditions, is used. The technological entry barriers are the characteristics belonging to the knowledge necessary to innovate that limit the accesses to this knowledge from potential competitors, that is, they make a clear distinction between potential and effective competition. This way, the knowledge's characteristics and the innovative process determine and condition the market structure and the industrial dynamics. The concept of technological regimes allows the grouping of the sectors whose characteristics of innovative process and industrial dynamics are similar. The typology of technological regimes adopted was elaborated by Marsili (2001), who used indicators extracted from developed countries. Considering that the innovative process differs significantly between developed and developing countries, the objective of this work was to verify if this typology is adjusted to the study of the Brazilian industry. To reach this objective, methods of multivariate statistical analysis and indicators of technology, innovation, market structure and industrial dynamics were used. The empirical tests carried through showed that the taxonomy of technological regimes didn't form significantly distinct sectorial groups, so that it could be possible to identify them. Moreover, the analysis of clusters evidenced, through new sectorial clusters, that the Brazilian industry has technological regimes that differs from the ones defined to the developed countries. Therefore, the obtained results strengthen the importance of deepening the literature on the characteristics of technical change in developing countries.

Key-words: Technology Economics, Industrial Economics, Innovation, Technological Regimes, Industrial Dynamics, Market Structure, Brazilian Industry

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Sistemas Nacionais de Mudança Técnica.....	26
Figura 2. Os principais elos tecnológicos entre as diferentes categorias de empresas	35
Figura 3. Representação gráfica da análise de componentes principais	75
Figura 4. Representação gráfica da rotação ortogonal de fatores	76
Figura 5. Dendograma de um agrupamento hierárquico	82
Quadro 1. Capacitações e estratégias tecnológicas.....	27
Quadro 2. Trajetória tecnológicas setoriais: determinantes, direções e características mensuradas	32
Quadro 3. Dimensões relevantes dos regimes tecnológicos.....	61
Quadro 4. Estratégias tecnológicas básicas.....	64
Quadro 5. A influência dos regimes tecnológicos sobre a dinâmica industrial: um resumo	66
Quadro 6. Caracterização dos regimes tecnológicos	68
Quadro 7. Variáveis sobre tecnologia e inovação	84
Quadro 8. Variáveis sobre estrutura de mercado e dinâmica industrial	86
Tabela 1. Análise de componentes principais para oportunidade tecnológica	88
Tabela 2. Análise de componentes principais para atividades inovativas.....	90
Tabela 3. Análise de componentes principais para fontes de informação para inovar ...	91
Tabela 4. Análise de componentes principais para concentração de mercado.....	93
Tabela 5. Síntese dos resultados obtidos para os diferentes modelos estimados pela análise discriminante.....	98
Tabela 6. Principais resultados dos modelos estimados pela análise de <i>cluster</i>	102
Tabela 7. Médias obtidas a partir da classificação de regimes tecnológicos originais ...	104
Tabela 8. Cruzamento entre a classificação de regimes tecnológicos originais e os novos <i>clusters</i> formados	104
Tabela 9. Centróides finais obtidos a partir da análise de <i>clusters</i>	105
Tabela 10. <i>Cluster</i> 3 – Dinâmicos em produtos inovadores	108
Tabela 11. <i>Cluster</i> 2 – Dinâmicos em processos inovadores	109
Tabela 12. <i>Cluster</i> 1 – Dinâmicos em produtos maduros.....	110
Tabela 13. <i>Cluster</i> 4	111
Tabela 14. <i>Cluster</i> 5	113

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 TECNOLOGIA E DINÂMICA INDUSTRIAL: UMA BREVE REVISÃO DA LITERATURA EVOLUCIONÁRIA.....	15
2.1 CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA E INOVAÇÃO	20
2.2 INOVAÇÃO E DINÂMICA INDUSTRIAL	29
2.3 A ABORDAGEM SISTÊMICA	39
2.4 MODELOS DE SIMULAÇÃO.....	47
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
3 A ABORDAGEM DE REGIMES TECNOLÓGICOS E SEU MAPEAMENTO PARA O BRASIL	56
3.1 REGIMES TECNOLÓGICOS	56
3.2 METODOLOGIA.....	71
3.3 RESULTADOS	86
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	114
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	116
REFERÊNCIAS	120
ANEXO - CLASSIFICAÇÃO DOS GRUPOS CNAE AOS REGIMES TECNOLÓGICOS DE MARSILI (2001)	127

1 INTRODUÇÃO

A inovação é o fenômeno fundamental do desenvolvimento econômico. Apesar dos debates calorosos que são travados na ciência econômica, há pouca divergência com relação a esta afirmação colocada por Schumpeter em 1911. O estudo deste fenômeno, porém, permaneceu em aberto por muito tempo, sendo que as contribuições para sua compreensão se tornaram mais frequentes nas últimas três décadas. Ainda assim, permanece um amplo espaço a ser explorado neste tema de pesquisa. Entre os diversos assuntos que envolvem o estudo da inovação, está a relação que pode ser estabelecida entre o processo inovativo, ou seja, todos os processos que envolvem a obtenção de uma inovação, e a dinâmica industrial. Esta relação já foi discutida por diversos autores, que muitas vezes buscavam traçar relações lineares e unidirecionais entre concentração de mercado ou tamanho da firma e inovação. Evidentemente, as interações entre o processo inovativo e a dinâmica industrial são mais complexas e envolvem um maior esforço analítico.

É necessário compreender a própria natureza das inovações e dos processos inovativos. As inovações, conforme já apontava Schumpeter, não constituem um elemento exógeno ao sistema econômico, mas são o que o revoluciona a partir de dentro. Isto porque a inovação é a principal arma das empresas na concorrência capitalista – um processo de concorrência ativa, no qual existem perdedores e vencedores, sem que o resultado deste processo de seleção possa ter qualquer tipo de previsão. São as inovações, portanto, o fenômeno que determina a dinâmica industrial, e não que é determinado por ela. Desta forma, enquanto o olhar estático vê apenas estruturas de mercados concentradas, o olhar dinâmico vê o processo de desenvolvimento econômico acontecendo com o crescimento das empresas através das inovações.

As inovações são mais do que novos produtos introduzidos no mercado. Elas podem surgir como novos processos, formas de organização produtivas, fontes de matéria-prima, mercados, formas de gerência e administração, entre as diversas estratégias que podem constituir um elemento decisivo na concorrência capitalista. Em sentido mais amplo, a inovação não inclui apenas o elemento novo para o mercado, mas também todos os esforços destinados a tentar incorporar e desenvolver o que já existe. Sendo assim, a inovação envolve os processos de invenção, inovação, difusão/absorção e inovação incremental. Todavia, a inovação requer, antes de tudo, conhecimento. Todas as atividades produtivas envolvem

alguma área de conhecimento básica, a partir da qual é possível trazer novas idéias que possam vir a constituir inovações. Desta forma, a análise dos processos inovativos depende também das características da base de conhecimento da atividade produtiva.

A inovação depende ainda dos incentivos que o ambiente institucional proporciona. Estes incentivos abrangem tanto as características de bem público e bem privado do conhecimento. Com relação às características de bem público, uma parte do conhecimento necessário ao processo inovativo deve estar disponível, o que pode ser na forma de recursos humanos, universidades, centros de pesquisa, entre outras. O conhecimento enquanto bem público contribui para sua difusão e amplia as possibilidades de surgimento de novas idéias para as inovações. Enquanto bem privado, o conhecimento a partir do qual será realizada a inovação por uma empresa precisa ser preservado de seus concorrentes. Certas formas de conhecimento criam este mecanismo de proteção através da própria inovação, como o avanço ao longo da curva de aprendizado. Contudo, em outras áreas, a proteção intelectual mostra-se um incentivo importante para a inovação. Sendo assim, o ambiente institucional também é um elemento importante no estudo do processo inovativo.

Esta dissertação insere-se dentro da relação entre dinâmica industrial e processo inovativo, e para esta análise, baseia-se no conceito de regimes tecnológicos. Neste conceito, é possível tratar das diferenças setoriais que prevalecem nos processos inovativos, estrutura de mercado e dinâmica industrial de forma integrada. Esta integração é possível através da noção de barreiras tecnológicas à entrada, que foi retomada e aprofundada por Marsili (2001), mas que já havia sido destacada na literatura por Winter (1984). As barreiras tecnológicas à entrada representam as características próprias do conhecimento gerado através do processo inovativo que dificultam as possibilidades de inovação dos concorrentes potenciais. Esta noção mostra-se mais efetiva para a discussão da dinâmica industrial do que a de apropriabilidade, que se preocupa com a capacidade de se apropriar dos ganhos da inovação e, por isso, faz menor distinção entre os concorrentes efetivos (demais incumbentes) e potenciais (entrantes). Esta distinção é central para a compreensão de como as características próprias de cada setor em relação ao seu processo inovativo condicionam a concorrência interna em uma indústria e determinam sua estrutura de mercado.

A discussão sobre a noção de regimes tecnológicos nesta dissertação é realizada no plano teórico e no plano empírico. No plano teórico, é apresentada no capítulo 2 uma breve revisão da literatura neo-schumpeteriana e evolucionária para a compreensão das diferenças e semelhanças que prevalecem entre os diferentes setores industriais. No capítulo 3, a atenção concentra-se no conceito de regimes tecnológicos. A primeira parte faz uma discussão sobre

as diferentes contribuições da literatura para a construção deste conceito, até a proposta de Marsili (2001). No plano empírico, a proposta do trabalho é fazer uma exploração sobre qual a adequação da indústria brasileira nos regimes tecnológicos de Marsili (2001). Esta exploração segue inicialmente a proposta metodológica colocada por Marsili e Verspagen (2002), na qual foi realizada uma análise para a indústria holandesa.

Subjacente a esta exploração está a hipótese do trabalho: a indústria brasileira, cuja matriz industrial é considerada relativamente completa, conseguiu internalizar os processos de inovação e de concorrência schumpeteriana semelhantes aos que se observa para os países desenvolvidos. Se esta hipótese fosse válida, os resultados exploratórios apontariam que os regimes tecnológicos de Marsili (2001) seriam uma forma adequada de agrupar os setores industriais brasileiros. Contudo, se as características que prevalecem no Brasil apontam para formas de agrupamento distintas, prevalecendo a hipótese de que as características que envolvem o processo inovativo nos países em desenvolvimento não são comparáveis às dos países desenvolvidos. Nos países em desenvolvimento, os esforços inovativos estão voltados para a absorção da tecnologia gerada nos países desenvolvidos, de modo que estes estão centrados no processo de criação, enquanto aqueles estão voltados para a imitação, cópia e adaptação. Por isso, os regimes tecnológicos que caracterizam estes países diferem significativamente dos que se estabelecem na estrutura industrial dos países desenvolvidos.

Estudos empíricos envolvendo a análise de regime tecnológicos nesta perspectiva ainda não foram realizados para o país. Os trabalhos da literatura recente que mais avançaram neste sentido foram o de Zucoloto (2004) e Gonçalves e Simões (2005), que seguem a taxonomia proposta por Pavitt (1984) e concentram-se na análise das questões relativas à inovatividade da indústria brasileira, em termos de esforços inovativos e taxas de inovação. A contribuição desta dissertação se distingue significativamente destes trabalhos em diferentes aspectos, mas principalmente pela adoção do conceito de regimes tecnológicos na concepção de Marsili (2001), que centraliza o debate em torno da concorrência schumpeteriana, unindo a análise de indicadores de padrões de atividade inovativa, de estrutura de mercado e dinâmica industrial. Além da diferença na perspectiva e nas variáveis em análise, a metodologia de análise estatística multivariada aplicada nesta dissertação ainda também é distinta e ainda tem sido pouco explorada¹ pelos estudos empíricos sobre inovação no Brasil. Neste sentido, o estudo realizado por Gonçalves e Simões (2005), que utilizou um conjunto de procedimentos

¹ No Brasil, destaca-se também a extensa pesquisa organizada por Salerno e De Negri (2005). Os estudos internacionais, por sua vez, tem amplamente utilizado técnicas de análise estatística multivariada entre os quais vale destacar Breschi, Malerba e Orsenigo (2000); Jong e Marsili (2006); Castellacci (2004) e Peeters, Swinnen e Tiri (2004).

diferente do realizado aqui, mas que se insere na análise estatística multivariada, constitui um bom exemplo sobre as muitas possibilidades destas técnicas estatísticas e de suas contribuições.

A análise empírica realizada no capítulo 3 se desdobra em duas etapas. A primeira concentrou-se em verificar a adequação da tipologia de regimes tecnológicos em diferentes modelos, através de análise de componentes principais e análise discriminante. Os resultados obtidos apontaram no sentido de que os regimes tecnológicos de Marsili (2001) não constituem uma forma adequada de classificar a indústria brasileira, evidenciando que a dinâmica tecnológica e industrial dos países em desenvolvimentos possui características distintas das dos países desenvolvidos. Partindo desta perspectiva, a segunda etapa da análise buscou explorar quais seriam as formas de agrupamento que os setores industriais brasileiros estabelecem em termos de regimes tecnológicos. Para isso, foi realizada a análise de *clusters*, buscando identificar um modelo que tivesse bons resultados classificatórios. Dados os limites teórico-analíticos desta dissertação, os regimes tecnológicos formados são apresentados apenas através de seus principais indicadores, sem que se avance na compreensão das razões que motivam estes agrupamentos. Uma análise deste tipo demandaria um aprofundamento significativo no estudo das cadeias produtivas, o que está além dos objetivos deste trabalho.

O esforço analítico realizado mostrou-se bastante adequado aos objetivos pretendidos, tanto no plano teórico quanto no plano empírico. O desenvolvimento do capítulo 2 sustenta a abordagem de regimes tecnológicos utilizada no capítulo 3. Por sua vez, os procedimentos estatísticos adotados neste capítulo permitiram mostrar que a abordagem proposta apresenta limitações quando a referência são os padrões estabelecidos nos países desenvolvidos, tal como a tipologia de Marsili (2001). Contudo, as relações estabelecidas entre os indicadores e os *clusters* formados indicam novas possibilidades de análise dentro da abordagem de regimes tecnológicos para compreender a relação que se estabelece entre tecnologia e dinâmica industrial nos países em desenvolvimento. Neste sentido, o capítulo 4 faz algumas considerações, evidenciando limites, resultados mais relevantes e desdobramentos possíveis a partir da análise realizada.

2 TECNOLOGIA E DINÂMICA INDUSTRIAL: UMA BREVE REVISÃO DA LITERATURA EVOLUCIONÁRIA

Este capítulo tem por objetivo revisar brevemente alguns pontos da literatura evolucionária que trata da dinâmica tecnológica dos setores industriais, de forma a dar subsídio para a discussão sobre os regimes tecnológicos a ser realizada no capítulo 3. Para tanto, este capítulo se divide em cinco partes, além desta apresentação inicial sobre alguns conceitos relevantes para a linhagem evolucionária. A seção 2.1 faz uma introdução sobre capacitações e inovação, bem como as diferenças desta discussão na perspectiva dos países em desenvolvimento. Na seção 2.2, a discussão colocada está centrada nos padrões setoriais estabelecidos pela dinâmica tecnológica, bem como a seção 2.3, que aborda o mesmo tema, mas sob o enfoque das abordagens sistêmicas. Alguns dos trabalhos que relacionam tecnologia e dinâmica industrial através de modelos de simulação são apresentados na seção 2.4. Por fim, na seção 2.5 são realizadas algumas considerações finais.

Os modelos microeconômicos tradicionais da corrente neoclássica possuem uma noção de concorrência bastante criticada por Schumpeter (1982, 1984). As hipóteses do mercado perfeitamente competitivo, ou mesmo os modelos tradicionais de oligopólio ou de concorrência monopolista, cujo enfoque central é de eficiência estática, não seriam adequados para se explicar o desenvolvimento econômico e a dinâmica capitalista. Para Schumpeter (1982) o capitalismo é um processo evolutivo e requer uma análise dinâmica, pois na análise estática estes elementos de desenvolvimento não são perceptíveis¹. Dentro de um ambiente de destruição criativa, a introdução de inovações é a forma de concorrência relevante e a própria fonte dos lucros, e seu efeito não é comparável aos resultados de uma visão de competição estática.

Para esse autor, o desenvolvimento é assim uma força que vem de dentro do sistema, endógena, e consiste na criação de novas combinações: produtos, processos, mercados, insumos, formas de organização. Estas novas combinações, as inovações, criam descontinuidades e eliminam o “velho” pela própria concorrência. Elas criam uma vantagem

¹ Na frase conhecida, o autor diz que “[...] [N]ormalmente se vê o problema de como o capitalismo administra as estruturas existentes, enquanto relevante é saber como ele as cria e destrói. [...]” (SCHUMPETER, 1984, p.114).

para a empresa, gerando um custo de produção menor ou um produto diferenciado, e que irá proporcionar maiores lucros.

A realização das novas combinações depende fundamentalmente de dois atores: o capitalista e o empresário. O primeiro é o responsável pelo aporte dos recursos financeiros necessários, os quais vão além da poupança gerada pela abstenção de consumo da economia. Esses recursos podem vir de duas fontes. A primeira fonte é o resultado das novas combinações passadas, ou seja, do lucro empresarial, cuja existência é um estímulo para o processo de desenvolvimento. A segunda fonte de recursos é o crédito bancário. A criação de meios de pagamento pelos bancos é o meio pelo qual se podem financiar as inovações sem que sejam necessários os resultados do desenvolvimento anterior. O banqueiro é, neste sentido, um capitalista *par excellence* (SCHUMPETER, 1982, p. 53), pois cria recursos para as novas combinações através do multiplicador bancário.

Com os recursos em mãos, quem realiza as novas combinações são os empresários. São estes atores que assumem a iniciativa de introduzir uma inovação. Para Schumpeter, um indivíduo só é empresário no momento em que está envolvido neste processo, pois a partir do momento em que ele passa a gerir seu próprio negócio, ele deixa de ser empresário. Ser empresário é, neste sentido, apenas uma condição momentânea que pode ser assumida por qualquer indivíduo. No entanto, assumir este papel não é tarefa simples, pois introduzir uma inovação constitui um rompimento com as estruturas existentes, como hábitos, regras, comportamentos, além das limitações de previsão colocadas pela incerteza de lidar com o novo, o desconhecido.

Enquanto no livro “A teoria do desenvolvimento econômico” (SCHUMPETER, 1982²) o empresário possui papel fundamental no rompimento com o fluxo circular, em “Capitalismo, socialismo e democracia” (SCHUMPETER, 1984³) o autor reforça a crítica à visão dominante destacando os elementos dinâmicos do monopólio e da grande empresa, e explicando o processo de destruição criativa. Para ele, a defesa de um mercado perfeitamente competitivo não se justifica, pois são nos setores onde existem grandes empresas que ocorrem os maiores ganhos em termos de produtividade e qualidade dos produtos. As inovações são o motor que revoluciona o capitalismo a partir de dentro, destruindo o velho e criando o novo – o chamado processo de destruição criativa. Schumpeter (1984) reforça que as grandes empresas são as principais responsáveis por esta forma de concorrência. Os lucros de seu

² A primeira publicação de “Teoria do desenvolvimento econômico” é de 1911, em alemão. A versão em inglês data de 1934.

³ A primeira publicação de “Capitalismo, socialismo e democracia” é de 1942, em inglês.

poder de monopólio são a proteção e o estímulo necessários para conduzir as atividades inovadoras. As grandes empresas possuem vantagens como maior horizonte maior de planejamento, mais recursos financeiros, pessoal melhor qualificado, além dos mecanismos de proteção de mercado frente aos concorrentes. Os resultados de um modelo perfeitamente competitivo não são comparáveis aos da grande empresa, pois existem métodos superiores disponíveis apenas a esta, o que faz com que ocorram melhorias nos processos de produção, formas de organização, produtos, etc., gerando uma eficiência dinâmica. Sendo assim, as grandes empresas criam o que exploram, mas um novo produto não lhes garante a posição de monopólio, pois esta posição demanda esforços para sua manutenção. Os mecanismos de proteção gerados pela posição de monopólio são necessários para que as grandes empresas assumam o risco de inovar. Segundo Schumpeter (1984), a grande empresa constitui a máquina do progresso econômico.

Embora a contribuição de Schumpeter para o entendimento da relação entre inovação e desenvolvimento tenha sido fundamental, não foi objeto do autor fazer um estudo sistemático sobre os processos pelos quais o conhecimento se transforma em inovação, bem como seus textos não aprofundaram como ocorre o processo de inovar, quais seus determinantes, resultados e como ocorrem as implicações específicas sobre o sistema econômico.

No plano acadêmico, a teoria econômica continuou dando pouca atenção à inovação e, diferentemente de Schumpeter, tratou-a, em geral, até recentemente, como exógena aos problemas econômicos e objeto de estudo apenas para engenheiros e cientistas (FREEMAN, 1994). Nos anos 1980, esta concepção começou a mudar, e diversos pesquisadores e periódicos passaram a se voltar para o estudo da inovação e suas relações com o ambiente econômico. Surgem as escolas neo-schumpeteriana e evolucionária que, de forma complementar, colocam a inovação objeto central de suas pesquisas teóricas e empíricas. Essas escolas têm contribuído para um amplo espectro de temas, tais como para o entendimento da natureza do conhecimento e seus processos de construção e interação (DOSI, 1988a; 1988b; LUNDVALL *et al.*, 2004); para a geração e difusão das inovações (HALL, 2004); para os condicionantes da atuação das empresas, suas capacitações internas, e formas de organização das atividades (LALL, 1992; O'SULLIVAN, 2000; LAZONICK, 2001; TEECE, 1988); para o papel e importância dos aspectos institucionais, tais como o Sistema Nacional de Inovação (FREEMAN, 1988; NELSON, 2002); para as causas do desempenho diferenciado entre os países, e como os países em desenvolvimento se inserem no progresso tecnológico (PEREZ; SOETE, 1988; REINERT, 1994; VIOTTI, 2001); para as relações entre

progresso tecnológico, crescimento econômico e comércio internacional (DOSI; SOETE, 1988; DOSI; PAVITT; SOETE, 1990), dentre muitos outros temas.

A contribuição de Giovanni Dosi (1982, 1988a, 2006) está entre as mais relevantes da teoria evolucionária, servindo, para o propósito deste trabalho, também como referência analítica da corrente evolucionária⁴. O autor busca explicar os determinantes e a direção da mudança tecnológica, superando as tradicionais visões *demand pull* e *technology push*, que seriam insuficientes para esta tarefa complexa⁵. A contribuição de Dosi (1982) parte de uma definição mais ampla de tecnologia, que abrange tanto seu aspecto prático, voltado para a solução de problemas, bem como seu aspecto teórico (mas que também é aplicável de modo prático), que inclui *know-how*, métodos, experiências adquiridas, entre outros. Neste conceito de tecnologia haveria uma aproximação com o conceito de ciência dentro da moderna teoria da ciência⁶, a partir da qual o autor monta sua estrutura teórica. Desta forma, assim como existem os paradigmas científicos e programas de pesquisa científicos⁷, por analogia, existem os paradigmas tecnológicos ou programas de pesquisa tecnológicos, que são um “[...] ‘model’ and a ‘pattern’ of solution of selected technological problems, based on selected principles derived from natural sciences and on selected material technologies.” (DOSI, 1982, p. 152, grifo do autor).

A atividade de pesquisa ocorre dentro de um paradigma tecnológico (a chamada ciência normal), gerando inovações incrementais na solução de um determinado problema ou em uma tecnologia. Assim como o paradigma direciona a pesquisa, ele também exclui outras soluções ou tecnologias alternativas. Segundo o autor (1982, 1988a), um paradigma pode ser constituído por um artefato, como o motor a combustão, ou por um conjunto de heurísticas, como os procedimentos de busca de novas moléculas na química orgânica, que indicam para onde ir, o que buscar, e quais conhecimentos são necessários. Desta forma, os paradigmas tecnológicos possuem sua própria “technology of technical change” (DOSI, 1988a, p. 1128).

⁴ Nesse plano podem ser citadas outras várias contribuições, tais como a dos conceitos de design dominante, de Abernathy e Utterback, (1975); de imperativos tecnológicos, de Rosenberg (1976); de regimes tecnológicos e o de trajetórias naturais, de Nelson e Winter (1977); os guideposts tecnológicos de Sahal (1985).

⁵ Na visão de *demand pull*, a inovação tecnológica estaria condicionada à percepção das necessidades do mercado, indicando um conhecimento *a priori* da direção do progresso técnico. Além disso, não seria possível explicar inovações radicais, pois estas rompem com o padrão de consumo, e o papel da ciência e das empresas na indução da inovação é ignorado. Na visão *technology push*, por sua vez, sobressalta-se a importância da ciência na condução das atividades de P&D, de modo que ela seria a força que “empurra” as inovações. Neste caso, os fatores econômicos não possuem influência, sendo também difícil inserir a característica de incerteza do processo inovativo, pois este surge de forma automática e independente, de acordo com os avanços científicos (DOSI, 1982; VENCE DEZA, 1995).

⁶ Dosi (1982) considera que as abordagens de Kuhn e Lakatos possuem elementos comuns suficientes para os fins do trabalho.

⁷ O primeiro proposto por Thomas Kuhn (1962) e o segundo por Lakatos (1978).

Eles se tornam a visão dominante que será repassada aos novos técnicos que trabalharão na área, fazendo com o que o paradigma seja explorado e reproduzido ao longo do tempo.

À medida que ocorrem os avanços tecnológicos, através da ciência normal, são formadas as trajetórias tecnológicas, cujos limites são colocados pelo próprio paradigma tecnológico. O nível mais alto alcançado pela trajetória tecnológica constitui a fronteira tecnológica. Neste sentido, a trajetória tecnológica apresenta um caráter cumulativo, pois as possibilidades de progresso técnico irão depender da posição atual em relação à fronteira tecnológica. As trajetórias possuem diferentes graus de amplitude e força, podendo apresentar complementariedades ou limitar o desenvolvimento de outras trajetórias. Quanto maior a força de uma trajetória, mais difícil será migrar para outra. No entanto, a incerteza impede que seja possível fazer uma comparação entre duas trajetórias alternativas *ex ante*, e selecionar qual seria a melhor.

Como não é possível se conhecer quais serão os resultados futuros de um paradigma selecionado, a escolha pode não ser a melhor possível. A concentração dos esforços de pesquisa na direção do paradigma estabelecido gera retornos crescentes dinâmicos, como no caso das economias de aprendizado, que contribuem para o caráter cumulativo do avanço tecnológico. Desta forma, o paradigma selecionado pode conduzir a uma situação de *lock in*, na qual um paradigma apresenta oportunidades tecnológicas reduzidas, mas diante do caráter cumulativo, a mudança para uma trajetória alternativa não está mais disponível. Neste caso, a superação só ocorre com o surgimento de um novo paradigma tecnológico. Sendo assim, as trajetórias tecnológicas possuem irreversibilidade e *path dependence* (DOSI, 1982; 1988a; 1988b).

Segundo Vence Deza (1995), o trabalho de Dosi (1982) é importante por reconhecer que os determinantes da direção do progresso técnico não dependem da identificação das necessidades do mercado ou apenas do progresso da ciência (como as teorias *demand pull* e *technology push*). Contudo, o autor ressalta que Dosi não considera a possibilidade de que os investimentos em diferentes paradigmas persistam, gerando concorrência entre eles. A escolha de um paradigma canaliza a maior parte dos esforços de pesquisa, mas não exclui a pesquisa em outros paradigmas, que podem se mostrar superiores no futuro. Da mesma forma, o caráter cumulativo da trajetória tecnológica exclui a possibilidade de bifurcações ou mudanças radicais, o que, segundo Vence Deza (1995), decorre de um determinismo tecnológico excessivo. Segundo este autor, as interações entre as esferas científicas, tecnológicas e econômicas são pouco explicadas, ignorando as mudanças radicais que podem ser desencadeadas pela ciência, por exemplo. Outra crítica de Vence Deza (1995) a Dosi

(1982, 2006) é que os conceitos de paradigma tecnológico e trajetória tecnológica estão pouco definidos em termos metodológicos. O conceito de paradigma pode ser feito de um conjunto de artefatos, um artefato, ou heurísticas: a microeletrônica, um semicondutor ou a “busca por miniaturização dos circuitos” (DOSI, 1988b). Por ser uma definição ampla, torna-se difícil traçar os limites de um paradigma, o que impede as hipóteses de serem falsificáveis, pois sempre é possível ajustar o escopo da análise para adequar os resultados, bem como a extensão da trajetória tecnológica que é construída dentro do paradigma.

Não obstante esses aspectos mais críticos, a contribuição de Dosi e da gama de contribuições teóricas e empíricas neo-schumpeterianas e evolucionárias representam um avanço significativo para a análise da dinâmica inovativa e suas conexões com o processo de criação, aquisição e difusão do conhecimento e sua utilização para o desenvolvimento econômico e social.

Para os objetivos desta dissertação, contudo, enfatizar-se-á o plano teórico e analítico mesoeconômico da dinâmica tecnológica dos setores industriais, especialmente o que aborda as características comuns de seus processos inovativos – definindo o que se denomina de “padrão” (setorial e/ou sistêmico) de inovação –, as bases de conhecimento e os efeitos destas sobre os diferentes padrões de atividade inovativa e sobre a dinâmica da estrutura industrial.

Nessa perspectiva, serão abordados, com maior profundidade, dois temas de pesquisa inter-relacionados e que ajudam a amparar teoricamente a execução dos objetivos deste trabalho. O primeiro tema diz respeito à capacitação tecnológicas e o processo inovativo, isto é discutem-se as formas de capacitação dos agentes, das organizações e das instituições envolvidas, as características próprias do conhecimento e suas relações com a dinâmica inovativa. O segundo tema de pesquisa diz respeito às características do processo inovativo e suas relações e/ou condicionantes com os atributos econômicos e sócio-institucionais da estrutura de mercado e da dinâmica industrial/setorial.

2.1 CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA E INOVAÇÃO

Na concepção da teoria evolucionária, as empresas são o *locus* do processo de mudança tecnológica, o que ressalta a importância do estudo de suas capacitações. Estas capacitações são construídas com interação e aprendizado externos às empresas, de modo que a dimensão nacional deste processo também se revela importante. Porém, diferentemente da concepção neoclássica, a literatura evolucionária procura destacar que existem dicotomias importantes com relação à natureza do conhecimento e sua funcionalidade para a dinâmica

tecnológica e econômica, tanto no plano microeconômico, como no plano setorial e mesmo para a Economia de um modo geral. (LUNDVALL *et al.*, 2004)

A primeira dicotomia refere-se às características tácita e codificada. O conhecimento considerado tácito não pode ser facilmente transformado em informação, enquanto que o conhecimento visto como informação pode ser codificado e transmitido. Malerba e Orsenigo (2000) e Lundvall *et al.* (2004) reforçam que não há uma descontinuidade entre estes dois conceitos, pois todo conhecimento possui, em algum grau, elementos tácitos e codificados.

A outra dicotomia do conhecimento está no fato dele possuir tanto elementos implícitos, de modo que um conhecimento codificado não garante que ele será acessível a todos, como também do conhecimento possuir elementos explícitos que podem não ser plenamente absorvidos, uma vez que o conhecimento nunca é totalmente codificado. Segundo Malerba e Orsenigo (2000, p.292), o conhecimento codificado pode ser privado e o tácito pode ser de domínio público, e mesmo que o conhecimento codificado esteja disponível, ele pode ser difícil de aprender. Ainda que o conhecimento seja mais explícito e codificado, o acesso pode estar disponível apenas localmente, pois existem códigos e habilidades pessoais envolvidas em sua codificação. O conhecimento pode estar inserido nas pessoas, e a migração seria um caminho pelo qual ele se difunde; nas máquinas e equipamentos e na assistência técnica, de modo a serem acessados por seus consumidores; e também nas organizações, com valores e práticas envolvidas nos processos produtivos, o que revela também a dicotomia entre o conhecimento local e coletivo.

A partir desta visão mais ampla sobre as características do conhecimento, a literatura tem diferenciado as capacitações necessárias para a geração, absorção e difusão dos variados tipos de conhecimento. Por exemplo, Lundvall *et al.* (2004) colocam que o conhecimento pode ser classificado em: *know-what*, *know-why*, *know-how*, *know-who*. O conhecimento do tipo *know-what* (saber o quê) é conhecimento sobre fatos. É um conhecimento explícito, que pode ser chamado de informação, e ser dividido em parcelas e transformado em banco de dados. O conhecimento *know-why* (saber por que) é um conhecimento científico, que trata de princípios e leis de movimento, e estruturas interpretativas implícitas, e sua aquisição irá diferir entre os agentes por suas diferentes capacitações. Os conhecimentos do tipo *know-what* e *know-why* estão associados a elementos codificados, enquanto *know-how* e *know-who*, a elementos tácitos. O conhecimento *know-how* (saber como) tem haver com as habilidades dos agentes, a capacidade de fazer alguma coisa, em qualquer parte da cadeia de valor, e *know-who* (saber quem) é saber “quem sabe o quê” e “quem sabe fazer o quê”, e que se torna um conhecimento mais “[...] importante à medida que a divisão do trabalho e a base do

conhecimento se tornam mais complexa.” (LUNDVALL *et al.*, 2004, p.8, tradução nossa). Deve-se ressaltar que estes diferentes tipos de conhecimento são complementares, e o processo de aprendizagem ocorre através de diferentes formas e canais, devido à presença de diferentes elementos tácitos e codificados, explícitos e implícitos.

Estabelecidas estas distinções, podem-se ter diferentes modos de aprendizagem e gerenciamento do conhecimento. Uma tipologia interessante é feita por Lundvall *et al.*, (2004), que classificam em dois modos de aprendizagem. Assim, o modo denominado de *Science, Technology, Innovation – STI* – trata de conhecimento codificado e científico, cujas formas de acesso típicas de acesso, produção e utilização dominam o processo de inovação. Ele está relacionado principalmente com a forma *know-why* de conhecimento, e os departamentos de P&D têm papel relevante neste processo. O segundo modo, denominado de *Doing, Using, Interacting – DUI* – está relacionado principalmente com o conhecimento *know-how*, que é tácito e localizado. Neste modo, as práticas organizacionais são as mais relevantes, e devem estar focadas em processos de *learning by doing, using e interacting*.

Os dois modos possuem diversas formas de interação e complementaridades. Um dos aspectos importantes está na inserção do trabalhador, que difere em cada um deles. No modo STI, os processos são documentados e possuem maior possibilidade de proteção intelectual, de modo que a retenção dos empregados envolve menores perdas do que no modo DUI, no qual os empregados levam consigo parte do conhecimento *know-how* e *know-who*, constituindo assim um desafio para o gerenciamento das empresas. Entre as complementaridades dos modos, os autores ressaltam que os departamentos de P&D não podem ser baseados exclusivamente no modo STI, pois as inovações de maior impacto têm raízes no DUI. Em sentido inverso, as empresas pequenas e médias dos setores tradicionais, as quais costumam ter um predomínio do modo DUI, precisam do STI para se diversificar e permitir sua inserção nas cadeias produtivas globais. Sendo assim, apesar das contradições inerentes aos modos DUI e STI, as empresas precisam aprender a conciliá-los, pois ambos estão presentes em qualquer setor de atividade. O reconhecimento destes dois modos também é fundamental para as estratégias dos países em desenvolvimento, pois a visão que privilegia o modo STI os coloca com uma inserção periférica e dependente das transferências dos países desenvolvidos. Apesar do maior enfoque recebido pelo STI na “economia do conhecimento”, a interação permanece como forma relevante de geração de inovação e aprendizado, destacando também a importância do DUI.

Numa linha complementar, as contribuições evolucionárias procuram destacar a distinção entre a capacitação tecnológica das empresas e a capacitação tecnológica nacional.

Na primeira, Lall (1992), por exemplo, identifica três categorias de capacitação: a de investimento, a de produção e a de relacionamento. As capacitações de investimento são as que a empresa precisa saber identificar oportunidades, escolher quais são as melhores e definir adequadamente os contratos, por exemplo. As capacitações de produção vão desde o controle de qualidade até a adaptação e melhoria dos equipamentos e a pesquisa, design e inovação de produtos e processos. A terceira categoria é de capacitações de relacionamento, que definem as habilidades das empresas em transmitir e receber informações, experiência e tecnologia.

As capacitações serão desenvolvidas através de estímulos, que podem ter origem na demanda por estas ou na sua oferta. Pelo lado da demanda, a introdução de uma nova tecnologia na produção sempre requer esforço para desenvolver novas habilidades e adquirir informações, e o resultado em termos de capacitações adquiridas vai depender da própria natureza da tecnologia. Outros estímulos pelo lado da demanda estão no ambiente macroeconômico e concorrência externa, e na própria mudança tecnológica, que requer a atualização constante das firmas e, portanto, aquisição de capacitações. Pelo lado da oferta, as capacitações das empresas serão mais desenvolvidas quanto maior seu tamanho, pois as tecnologias serão mais complexas para a produção em grande escala. Elas também dependem do acesso das empresas via mercado a habilidades, a informação técnica e suporte, e às melhores fontes de tecnologia incorporada em máquinas e equipamentos para que esta possa ser apropriada, bem como das habilidades organizacionais e gerenciais das empresas e sua habilidade de mudar estruturas e absorver novos métodos e tecnologias. Desta forma, o desenvolvimento das capacitações internas das empresas é uma resposta a estímulos internos e externos e das interações entre os agentes públicos e privados, locais e externos.

Neste sentido, o desenvolvimento das capacitações depende de fatores específicos das empresas. No entanto, existem características comuns a empresas de certos países, o que permite a discussão das capacitações tecnológicas nacionais. Conforme Lall (1992), estas são mais do que o somatório das capacitações das empresas do país, pois existem externalidades, interligações e sinergias. As capacitações tecnológicas nacionais podem ser observadas em elementos comuns nas repostas das empresas às condições de mercado, institucionais e políticas. Elas explicam as diferenças dos países na habilidade de utilizar e desenvolver tecnologias, e se evidenciam nas diferenças apresentadas no comércio internacional, crescimento e produtividade. O autor coloca que os fatores que influenciam as capacitações tecnológicas nacionais podem ser divididos em instituições, incentivos e habilidades. As habilidades envolvem a existência de capital humano, físico, e esforço tecnológico nacional, o

qual está relacionado com a infra-estrutura científica e tecnológica e à geração de conhecimento científico básico. Estas habilidades serão utilizadas e ampliadas de acordo com os incentivos de natureza macroeconômica, concorrencial ou ainda a partir do mercado de fatores, cuja eficiência é importante para que as empresas não subinvistam na sua própria capacitação. Conforme o autor, os mercados podem criar naturalmente as instituições adequadas. As mais relevantes são as que afetam as capacitações industriais, como leis de propriedade intelectual, instituições industriais, de treinamento e de tecnologia. No entanto, os países em desenvolvimento são marcados pela deficiência de instituições, de forma que a intervenção para o seu desenvolvimento se mostra necessária a fim de propiciar a interação entre instituições, incentivos e habilidades para o desenvolvimento das capacitações tecnológicas nacionais.

Nessa perspectiva mais ampla, a discussão sobre a capacitação tecnológica está, portanto, relacionada ao debate sobre como alguns países em desenvolvimento conseguiram internalizar o processo de mudança tecnológica, reduzindo o hiato em relação aos países avançados, e outros não. As capacitações das empresas nos países em desenvolvimento se desenvolvem através de processos de aprendizado adaptativo e incremental, realizando esforços tecnológicos para adquirir conhecimentos, aptidões e experiências, os quais formam as capacitações tecnológicas. Os esforços tecnológicos podem ser conduzidos através dos diferentes mecanismos de aprendizado, que podem possuir um caráter explícito e deliberado em maior ou menor extensão. Os esforços do tipo *learning-by-doing* são menos explícitos e formais, pois seu resultado constitui um subproduto da atividade produtiva. Por sua vez, os esforços do tipo “[...] treinamento (*learning-by-training*), contratação (*learning-by-hiring*), interação com agentes internos e externos (*learning-by-interacting*), aglomeração (*learning-by-clustering*) e, principalmente, atividades de pesquisa e desenvolvimento (*learning-by-researching*) [...]” (COSTA, 2003, p. 49) são de caráter mais formal e explícito, e estão relacionados “[...] à acumulação de capacidades tecnológicas mais complexas, e a resultados mais originais, criativos e cientificamente intensivos em termos de mudança técnica.” (COSTA, 2003, p. 49).

O avanço dos países em desenvolvimento (PEDs) no sentido de realizar o *catching up* tecnológico, internalizando o processo de mudança técnica, só é possível através destes esforços inovativos mais formais e deliberados, uma vez que os esforços do tipo *by-doing*, apesar de importantes, não são capazes de desenvolver as capacitações tecnológicas necessárias. No entanto, o processo de mudança tecnológica nos PEDs está nos processos de

aprendizado que permitem usar e adaptar, imitar e melhorar a tecnologia desenvolvida nos países avançados, e não na inovação que ocorre na fronteira tecnológica (COSTA, 2003).

Por estas características diferenciadas do processo de mudança técnica nos PEDs, Viotti (2001) considera que a abordagem de Sistema Nacional de Inovação (SNI), apesar de abrangente, não é adequada a estes países. A abordagem de SNI costuma estar muito focada nas atividades inovativas do tipo P&D, considerando esta uma *proxy* para as demais, e além disso, nem sempre os estudos nesta abordagem seguem o SNI em seu sentido amplo, abrangendo instituições e relações entre os agentes. O autor aponta que existe um reconhecimento da literatura que as atividades inovativas de P&D são relevantes para os estudos do processo de mudança técnica nos países desenvolvidos (PDs), mas não são um elemento significativo deste processo nos PEDs. Isto porque, a inovação no sentido schumpeteriano, que representa a introdução de um produto ou processo novo para o mercado mundial, é originada nos PDs e apenas absorvida, adaptada ou aprimorada nos PEDs. Desta forma, Viotti (2001) destaca que é importante qualificar os diferentes elementos presentes no conceito de inovação *latu sensu* – invenção, inovação no sentido schumpeteriano, inovação incremental e difusão. Enquanto a mudança técnica nos PDs está alicerçada na inovação no sentido schumpeteriano, nos PEDs os processos de inovação incremental e difusão são mais relevantes. As estatísticas de P&D são *proxies* adequadas para os esforços de inovação no sentido schumpeteriano, mas como esta inovação tem papel secundário nos PEDs, estas estatísticas não refletem o conjunto de esforços inovativos realizados nestes países. Por isso, o autor considera que a compreensão sobre a mudança técnica nos PEDs requer outra abordagem – o Sistema Nacional de Aprendizagem (SNA). A Figura 1, apresentada pelo autor, ilustra as diferenças nas relações dos processos inovativos desenvolvidos nos SNIs e nos SNAs.

Apesar de inter-relacionados, os conceitos de invenção, inovação, inovação incremental e difusão diferem significativamente no seu processo de criação, nas capacidades requeridas e nos significados que possuem para a competitividade de empresas, indústrias e países. Para os PEDs, importam a inovação incremental e a difusão, que para os fins da nova abordagem, o autor denomina como aprendizagem⁸:

Learning, we propose, is the process of technical achieved by diffusion (in the perspective of knowledge absorption) and incremental innovation. In other words, learning is the absorption of already existing techniques i.e., the absorption of

⁸ Neste sentido, o autor discorda das concepções que usam o conceito de *learning* em sentido muito amplo, como processo de mudança técnica ou fonte de inovação. Para Viotti (2001), a inovação, que é gerada nos PDs, não resulta de *learning*, mas de processos mais aprimorados de criação. Já a inovação incremental e a absorção requerem diferentes tipos de *learning*.

innovations produced elsewhere, and the generation of improvements in the vicinity of acquired techniques. (VIOTTI, 2001, p. 6, grifo do autor).

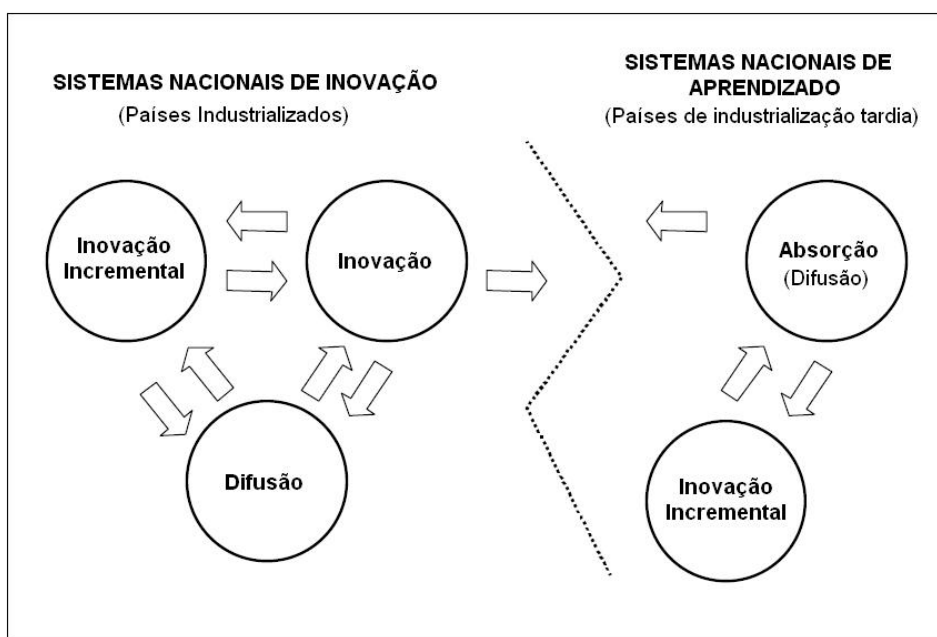


Figura 1. Sistemas Nacionais de Mudança Técnica

Fonte: Viotti (2001, p.7).

Sendo assim, o processo de mudança técnica que permitirá aos PEDs romper com o atraso pode ser analisado através do SNA, que estuda “[...] the activities, institutions and relationships, associated to learning, rather than innovation. [...]” (VIOTTI, 2001, p. 7, grifo do autor). Contudo, tanto a absorção (que é a difusão sob a perspectiva do receptor) quanto as inovações incrementais requerem capacitações. Para os fins do aprendizado, o autor considera três capacitações tecnológicas apontadas pela literatura sobre o tema: capacidade de produção, capacidade de aperfeiçoamento e capacidade de inovação. A primeira trata apenas de produzir um determinado produto, envolvendo ajustes pequenos em termos de insumos, demanda, etc., com controle de qualidade e eventuais treinamentos. Com a capacidade de aperfeiçoamento, melhorias mais significativas podem ser implementadas, como ajustes em máquinas, insumos, novos testes e experimentações, controles do tipo qualidade total e outros mais sofisticados, criação de redes de fornecedores e consumidores, além de treinamentos permanentes, que irão gerar produtos e processos substancialmente melhores. Por fim, a capacidade de inovação está ligada à criação de novos produtos e processos, envolvendo atividades internas ou cooperativas de P&D, pesquisa básica e o licenciamento da tecnologia produzida.

Para realizar as mudanças técnicas decorrentes do aprendizado, os PEDs e suas empresas precisam estar dotados das capacitações de produção e de aperfeiçoamento.

Contudo, tanto os processos de inovação incremental quanto de absorção podem acontecer de forma passiva ou ativa, de acordo com estas capacitações. A absorção passiva envolve apenas tecnologias prontas, sob forma de licenciamento, pacotes tecnológicos de produção ou projetos prontos, entre outras, e contribui, deste modo, apenas para a criação de capacitações de produção. A absorção ativa, por sua vez, envolve esforços mais complexos de imitação e engenharia reversa, por exemplo, e que permitem aumentar o domínio sobre a tecnologia envolvida. Estas diferentes formas de absorção de tecnologia podem contribuir ou não para o desenvolvimento das inovações incrementais devido às capacitações desenvolvidas. Quanto mais desenvolvidas as capacitações de aperfeiçoamento, maiores as possibilidades de realizar as inovações incrementais ativas, enquanto as inovações incrementais passivas são as que não requerem esforço direcionado para a sua realização (característica do *learning-by-doing*) e estão associadas à capacidade de produção.

A partir desta distinção, o autor define duas estratégias possíveis para um SNA – a estratégia de aprendizado passivo e a estratégia de aprendizado ativo. A primeira tem como objetivo a aquisição de capacitações de produção, enquanto a segunda está voltada para a aquisição de capacitações de aperfeiçoamento. A experiência internacional aponta que a absorção passiva pode ser um primeiro passo para a absorção ativa. Além disso, a adoção de uma estratégia de aprendizado ativo pode conduzir à possibilidade de uma estratégia inovadora, como se pode interpretar a industrialização japonesa. No quadro apresentado a seguir, o autor faz uma síntese destas relações.

Quadro 1. Capacitações e estratégias tecnológicas

Capacitação tecnológica	Elementos da mudança técnica				Inovação	Estratégia tecnológica
	Absorção		Inovação incremental			
	Passiva	Ativa	Passiva	Ativa		
Produção	X	–	X	–	–	Aprendizado passivo
Aperfeiçoamento	X	X	X	X	–	Aprendizado ativo
Inovação	X	X	X	X	X	Inovação

Fonte: Viotti (2001, p. 11).

Nota: O símbolo “X” (“–”) denota a existência (falta) do elemento de mudança técnica correspondente.

De modo geral, os países em desenvolvimento são marcados por estratégias tecnológicas passivas. As estratégias de aprendizado ativas são adotadas apenas como resultado de políticas industriais deliberadas, que visam os retornos não apenas das atividades diretamente envolvidas, mas também os seus retornos sociais, pois os incentivos de mercado conduzem apenas às estratégias de aprendizado passivas.

A proposta de Viotti (2001) está alinhada com a hipótese desenvolvida por Albuquerque (1997) – os processos de *catching up* para os PEDs não ocorrem de forma espontânea e apenas estarão disponíveis a estes países se eles tiverem desenvolvido a capacidade de absorção das tecnologias geradas nos PDs. As “janelas de oportunidade” que permitem o *catching up* surgem juntamente com um novo paradigma tecnológico. Isto ocorre por que no início do desenvolvimento de um paradigma, as condições de apropriabilidade são menores e as direções e padrões da tecnologia ainda não estão fortemente estabelecidos. Contudo, à medida que o paradigma evolui, estas oportunidades se reduzem, pois os esforços tecnológicos internos necessários para fazer o *catching up* se ampliam. Tais esforços nos PEDs estão inicialmente vinculados à capacidade de absorção desenvolvida por estes países, mas a dinâmica tecnológica dos paradigmas mais recentes e que envolvem crescente especialização coloca novos desafios aos PEDs. Remetendo aos mesmos conceitos de capacitações utilizados por Viotti (2001), este processo tem ampliado significativamente a distância entre a capacidade de produção e a capacidade de aperfeiçoamento. Outra questão relevante para os PEDs, segundo Albuquerque (1997), está relacionada à incerteza que envolve o processo inovativo, que é, ao mesmo tempo, intrínseca ao sistema econômico. No momento de surgimento de um novo paradigma tecnológico⁹, o grau de incerteza é ainda mais elevado. Sendo assim, o esforço de absorção tecnológica dos PEDs deve ocorrer quando a seleção da trajetória tecnológica vencedora dentro do novo paradigma já esteja razoavelmente definida, de modo a evitar investimentos em tecnologias que possam ser derrotadas. Por sua vez, as inovações incrementais realizadas pelos PEDs, ampliando sua capacidade de absorção, ocorrem em paradigmas já definidos nos PDs e possuem um grau de incerteza significativamente menor.

Albuquerque (1997) destaca ainda outros elementos importantes no processo de mudança técnica relacionados à capacidade de absorção dos PEDs. A implementação de um ambiente institucional adequado e que dê suporte ao desenvolvimento tecnológicos das firmas é fundamental em diversos sentidos: na construção de infra-estrutura científica e tecnológica é contribui para a identificação de oportunidades tecnológicas pela comunidade científica local com inserção internacional e relacionada com o setor produtivo, ou pela atração de investimentos estrangeiros diretos¹⁰; no apoio adequado ao processo de busca das empresas,

⁹ As fases de evolução de um paradigma tecnológico (DOSI, 1982) serão um pouco mais desenvolvidas na próxima seção.

¹⁰ A contribuição dos investimentos estrangeiros diretos, na forma das multinacionais, para capacitação tecnológica dos PEDs é tema de amplo debate na literatura, e está além dos limites traçados para esta dissertação (ver COSTA, 2003; VIOTTI, 2001).

com recursos humanos, informacionais e financeiros; na contribuição para melhoria das condições de demanda, seja no mercado externo, através de acordos de comércio, ou no mercado interno, com a redução da desigualdade de renda; e no fortalecimento de um processo de seleção eficiente, que estimule a dinâmica tecnológica interna através da combinação – difícil e sutil – entre proteção e exposição à competição do mercado mundial. Em resumo, são grandes as dificuldades enfrentadas pelos PEDs para alcançar o processo de mudança técnica dos PDs. Contudo, analisar o processo efetivo de aprendizado que ocorre nestes países, tema sobre o qual a literatura evolucionária tem se dedicado mais recentemente, é condição necessária para a elaboração de políticas mais eficiente e que possam estimular o desenvolvimento tecnológico.

2.2 INOVAÇÃO E DINÂMICA INDUSTRIAL

As contribuições evolucionárias descartam as visões estáticas que buscam uma estrutura de mercado ou tamanho de firma que seriam mais propícios para o desenvolvimento da inovação, como apontam as hipóteses schumpeterianas¹¹ (NELSON; WINTER, 1982; COOMBS; SAVIOTTI; WALSH, 1987; COOMBS, 1988). Em geral as contribuições procuram avançar no entendimento da relação entre as especificidades da pesquisa e da base científica, as características e dimensões da base tecnológica, os processos de inovação dos setores industriais e as diferentes estruturas de mercado.

Nessa perspectiva, Dosi (1982) distingue, por exemplo, dois momentos importantes no progresso tecnológico que estão relacionados a diferentes estruturas industriais: o surgimento da tecnologia e quando ela torna-se estabelecida. O primeiro momento ocorre quando um novo paradigma está sendo selecionado, que depende de fatores econômicos e institucionais. A partir da seleção do paradigma, a trajetória tecnológica passa a ser construída, e delimita os avanços do progresso tecnológico no sentido de ser endógeno ao mecanismo de mercado, com os *trade-offs* entre custos e benefícios dos avanços técnicos. Para o autor, é possível interpretar o surgimento de um novo paradigma como uma descontinuidade, uma inovação radical. Da mesma forma, os avanços dentro do paradigma seriam processos de continuidade, que corresponderiam às inovações incrementais.

¹¹ A primeira hipótese supõe que as grandes empresas seriam mais inovadoras do que as pequenas e a segunda, atribui às estruturas de mercado mais concentradas as melhores condições para a promoção da inovação. Os testes empíricos destas hipóteses, no entanto, não encontraram resultados conclusivos (KAMIEN; SCHWARTZ, 1982; SCHERER, 1980; COOMBS, 1988) e o debate sobre este tema pode ser considerado superado na literatura evolucionária com o trabalho de Nelson e Winter (1982).

Estes dois momentos do progresso tecnológico estariam relacionados a diferentes estruturas industriais. O momento de seleção de um novo paradigma é caracterizado pelo empreendedorismo schumpeteriano, com experimentação, tentativa e erro, e agentes com maior propensão ao risco. A estrutura de mercado tende a ser menos concentrada, ou não há uma liderança de mercado definida. Quando a nova tecnologia se torna estabelecida, o processo de mudança técnica passa a fazer parte da concorrência oligopolista. Esta seria uma fase de indústrias maduras, pois quanto mais estabelecido for o padrão tecnológico, mais endógeno será o processo de mudança técnica ao mecanismo econômico. Neste segundo momento, evidencia-se o caráter cumulativo do progresso técnico, e as barreiras à entrada garantem a posição de liderança, a qual era apenas temporária na fase anterior. A motivação para inovar na indústria madura reside na possibilidade de obter posições de monopólio no curto prazo, e com estas garantir a posição no oligopólio no longo prazo (DOSI, 1982).

Outra proposição relevante colocada pela literatura é que a de que existem diferenças intersetoriais nos padrões de atividade inovativas, decorrentes das próprias características e especificidades da base tecnológica dos setores industriais. Além disso, essas características também são condicionantes da própria diversidade intra-setorial quanto à natureza de suas inovações e suas fontes, processos inovativos e interações estabelecidas entre agentes e instituições.

O trabalho de Pavitt (1984) constitui a principal referência na literatura neoschumpeteriana sobre os traços gerais que podem ser estabelecidos para os setores industriais no processo de mudança técnica, ou seja, nas formas pelas quais os setores absorvem tecnologia, conduzem as atividades inovativas e difundem suas inovações. A partir de um extenso estudo de uma base de dados, o autor propõe uma taxonomia dos padrões de mudança técnica. Esta taxonomia é construída a partir da observação de algumas características próprias da mudança técnica e dos setores industriais. Os setores industriais foram comparados em três aspectos. O primeiro é quanto às fontes da tecnologia utilizada pelo setor, ou seja, se as tecnologias utilizadas são geradas pelo seu próprio setor ou provém de outros, através da aquisição de produtos. O segundo está em quais as fontes institucionais da tecnologia, de modo a identificar se o conhecimento para inovar está interno ou externo à empresa; e na natureza da tecnologia produzida no setor (produto ou processo). Por fim, o autor busca identificar as características das empresas inovadoras, como tamanho e atividade principal. A partir da discussão destes aspectos, o autor destaca duas características da mudança técnica: cumulatividade e variedade. A busca das empresas por inovações não alcança todas as possibilidades, mas está restrita a áreas próximas e relacionadas. Isto revela o

caráter cumulativo da mudança técnica, pois o que a empresa faz hoje determina suas possibilidades de atuação futura. Existe, no entanto, grande variedade entre os setores quanto à importância relativa das inovações de produto e de processo, às fontes de tecnologia e ao tamanho e atividades das empresas inovadoras. No entanto, ainda que exista variedade, é possível identificar regularidades nas relações. A taxonomia proposta pelo autor está baseada na identificação destas regularidades.

A taxonomia de Pavitt (1984) é construída a partir das características das firmas inovadoras e seu setor de atividade. Reconhecido o caráter cumulativo da mudança técnica, o autor utiliza a noção de trajetórias tecnológicas para auxiliar na classificação das atividades produtivas em cada uma das três categorias de mudança técnica - dominado pelo fornecedor, produção intensiva e baseado em ciência. As trajetórias tecnológicas são caracterizadas pelas fontes de tecnologia, necessidades do usuário e formas de apropriação dos benefícios da inovação, e podem seguir a tendência de “redução de custos” ou “design de produto”. Para cada categoria de mudança técnica, o autor apresenta as características mensuráveis, como fonte de tecnologia de processo; predomínio de inovação de produto ou processo; tamanho das empresas inovadoras; e intensidade e direção da diversificação tecnológica, que avalia as inovações produzidas em áreas que não fazem parte da sua atividade principal. Um resumo da caracterização das categorias pode ser encontrado no Quadro 2.

Quadro 2. Trajetória tecnológicas setoriais: determinantes, direções e características mensuradas

Categoria de empresas	Setores principais típicos	Determinantes das trajetórias tecnológicas			Trajetória tecnológica	Características mensuradas				
		Fontes de tecnologia	Tipo de usuário	Meios de apropriação		Fonte de tecnologia de processo	Equilíbrio relativo entre inovação de produto e de processo	Tamanho relativo das empresas inovadoras	Intensidade e direção da trajetória tecnológica	
Dominada pelo fornecedor	Agricultura, construção civil, serviços privados, manufatura tradicional	Fornecedores, serviços de extensão e pesquisa, grandes usuários	Sensível a preço	Não-técnicos (ex. marcas, <i>marketing</i> , propaganda, <i>design</i> estético)	Redução de custo	Fornecedores	Processo	Pequeno	Baixa, vertical	
Produção intensiva	Intensiva em escala	Materiais volumosos (aço, vidro), montagem (consumo durável e autos)	Departamento de engenharia de produção, P&D	Sensível a preço	Segredo de processo e <i>know-how</i> , defasagens técnicas, patentes, economias de aprendizado dinâmicas	Redução de custo (<i>design</i> de produto)	Internas, fornecedores	Processo	Grande	Alta, vertical
	Fornecedores especializados	Maquinaria, instrumentos	<i>Design</i> e desenvolvimento, usuários	Sensível a desempenho	<i>Know-how</i> de <i>design</i> , conhecimento de usuários, patentes	<i>Design</i> de produto	Internas, consumidores	Produto	Pequeno	Baixa, concêntrica
Baseada em ciência	Eletrônico, elétrico, químico	P&D, ciência pública, departamento de engenharia de produção	Mista	<i>Know-how</i> de P&D, patentes, segredo e <i>know-how</i> de processo, economias de aprendizado dinâmicas	Mista	Internas, fornecedores	Mista	Grande	Baixa, vertical Alta, concêntrica	

Fonte: Pavitt (1984, p. 354).

No padrão de mudança técnica dominado pelo fornecedor, as empresas seguem uma trajetória tecnológica de redução de custos. Nesta trajetória, seus consumidores são sensíveis a preços; as formas de apropriação das inovações ocorrem através de mecanismos não técnicos, como marcas, propaganda e *design* estético; e as fontes de tecnologia são externas às empresas, como serviços de fornecedores e grandes usuários. As empresas inovadoras são predominantemente pequenas, os fornecedores são a principal fonte de tecnologia e as inovações de processo são mais frequentes. A intensidade da diversificação tecnológica é baixa, e as inovações produzidas que não pertencem ao mesmo setor de atividade, são utilizadas pelo setor principal (vertical). Este padrão de mudança técnica é encontrado nos setores tradicionais da economia, tais como agricultura, têxteis, couro e calçados, serviços financeiros, comerciais e profissionais, entre outros. Tomando como exemplo o setor de têxtil, observamos que a relevância da trajetória de redução de custos, e as inovações possíveis são apropriadas através de marcas e *design* estético. As novas tecnologias são disponibilizadas pelos fornecedores de materiais (tinturas, tecidos) e máquinas, as empresas são relativamente pequenas, e as inovações produzidas ocorrem principalmente nos processos. Existe pouca intensidade na diversificação de inovações das empresas têxteis, e as que forem geradas, como um novo instrumento de corte ou processo acabamento, serão utilizadas pelo próprio setor têxtil, revelando o caráter vertical das inovações produzidas fora do setor principal das empresas.

As atividades classificadas como produção intensiva são subdivididas em dois tipos: intensivo em escala e fornecedores especializados. No primeiro caso, a trajetória tecnológica é de redução de custos (exceto para as empresas fornecedoras de equipamentos, cuja trajetória é de *design* de produto). Os consumidores são sensíveis a preços, a fonte da tecnologia está nos departamentos de engenharia dos fornecedores, e as formas de apropriação das inovações são de caráter técnico, como patentes, segredos de processo, *know-how* e economias dinâmicas de aprendizado. Esta trajetória tecnológica foi explorada pelas indústrias fabricantes de bens de consumo duráveis e de materiais padronizados, através de economias de ajuste de escala e processos de montagem para ampliar os ganhos de produtividade. As fontes de tecnologias de processo são de fornecedores ou internas, as inovações são predominantemente de processo, e as empresas são relativamente grandes. A intensidade da diversificação tecnológica é alta, de modo que as empresas produzem bastante inovações fora do seu setor de atividade principal, mas sua utilização ocorre principalmente dentro da atividade principal, revelando o caráter concêntrico. Entre os intensivos em escala estão as indústrias de alimentos, produtos do metal, indústria naval, automobilística, vidro e cimento. No segundo caso, a trajetória segue o *design*

de produto, na qual os consumidores são sensíveis ao desempenho, as fontes de tecnologia são os usuários de *design* e desenvolvimento, e os meios de apropriação dependem mais das habilidades das empresas, e podem ser técnicos, como patentes e *design know-how*, e da relação com os usuários, respondendo rapidamente a necessidades, e melhorando o *design* e a confiabilidade dos produtos. As fontes de tecnologias de processos são internas e dos consumidores, as inovações são de produto, as empresas são pequenas, a diversificação tecnológica é baixa e concêntrica, produzindo poucas inovações fora do setor principal, mas que são utilizadas por diferentes setores relacionados. As empresas de engenharia mecânica e de instrumentos são classificadas como fornecedores especializados, no padrão de mudança técnica produção intensiva.

O terceiro padrão de mudança técnica proposto por Pavitt (1984) é o baseado em ciência. Neste padrão não há uma trajetória tecnológica definida, que pode ser redução de custos ou *design* de produto, nem o tipo de usuário, que pode ser sensível a preços ou ao desempenho do produto. As fontes de tecnologia são os departamentos de engenharia de produção, pesquisa e desenvolvimento, e ciência pública, e as formas de apropriação da tecnologia são técnicas, como patentes, *know-how* de P&D, segredos de processos e *know-how*, economias dinâmicas de aprendizado. As fontes de tecnologia de processo são internas (as empresas produzem grande parte das inovações que usam) e de fornecedores, as empresas são relativamente grandes, e as inovações podem ser de produto ou processo. A diversificação tecnológica pode ser baixa ou alta em intensidade e vertical ou concêntrica na direção. As indústrias química, elétrica e eletrônica são classificadas nesta categoria, pois seu desenvolvimento está bastante relacionado aos avanços científicos. As dificuldades em definir a trajetória tecnológica e a diversidade tecnológica desta categoria de padrão de mudança técnica repousam na grande capacidade destas empresas em gerar inovações. Dado o grande volume de oportunidades tecnológicas existentes, as empresas cresceram sem incentivos para buscar oportunidades em setores diferentes do seu setor principal, e permitiu também muitas possibilidades em termos de inovações de produto e processo, bem como os ajustes em relação ao melhor desempenho ou preço. No entanto, os dados utilizados pelo autor apontam que os setores classificados neste padrão apresentaram uma diversificação tecnológica concêntrica, pois existem muitas tecnologias produzidas que são feitas fora do setor principal de atuação, como instrumentos, máquinas e tecidos no caso da indústria química.

O esforço investigativo de Pavitt (1984) também avança na interligação entre os padrões de mudança técnica. As empresas baseadas em ciência são as de maior difusão de tecnologia, pois são as que produzem para os outros três padrões: dominado pelo fornecedor,

intensivo em escala e fornecedores especializados de equipamento. Os fornecedores especializados trocam tecnologia com as empresas baseadas em ciência e com as intensivas em escala. As empresas do tipo dominado pelo fornecedor recebem suas inovações das empresas baseadas em ciência e das intensivas em escala. A Figura 2 sistematiza estas relações. No caso da agricultura, por exemplo, as relações se estabelecem com as empresas de biotecnologia fabricantes de sementes e produtos químicos (baseadas em ciência) bem como a indústria alimentar e de máquinas e implementos agrícolas (intensivas em escala). Tanto a indústria química (baseada em ciência) quanto a automobilística (intensiva em escala) precisam dos equipamentos produzidos pelos fornecedores especializados, e estes precisam as tecnologias geradas por eles para atender adequadamente suas necessidades. A automobilística também precisa das tecnologias produzida na química (plásticos, revestimentos de material, etc.) e irá fornecer tecnologia para as empresas dominadas pelo fornecedor, como serviços de transporte. As relações entre os padrões vão além da compra de tecnologia, pois existe um fluxo importante de informações, habilidades, etc. Além disso, a posição das empresas nestes padrões não fixa ou inequívoca. A dinâmica tecnológica e as relações estabelecidas entre os agentes podem conduzir a mudanças significativas nas atividades produtivas e alterar sua classificação. Neste sentido, a taxonomia de Pavitt (1984) não alcança toda a complexidade dos encadeamentos tecnológicos das atividades atuais e sua dinâmica no tempo.

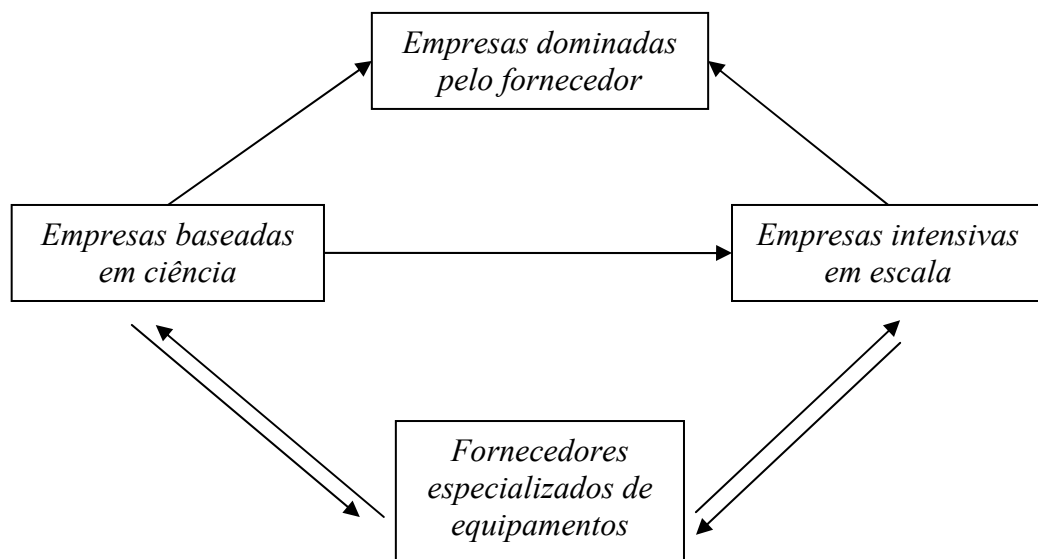


Figura 2. Os principais elos tecnológicos entre as diferentes categorias de empresas

Fonte: Pavitt (1984, p.364).

Vence Deza (1995) aponta duas limitações da taxonomia de Pavitt (1984). A primeira é de caráter operativo, pois existe grande dificuldade em classificar as atividades em cada padrão de mudança técnica. Estes padrões não são excludentes e os diferentes eles da cadeia produtiva podem ser inseridos em categorias distintas, ou mesmo em mais de uma categoria, de modo que a classificação exata das divisões setoriais nos padrões de mudança técnica é limitada. Além disso, a grande heterogeneidade interna aos setores e na distribuição das atividades no espaço dificulta as possibilidades de estudos empíricos e ainda mais a comparação entre diferentes espaços. A outra limitação possui caráter analítico. A cumulatividade constitui ponto fundamental para a compreensão das trajetórias e sua taxonomia, ou seja, ressalta-se a importância do passado para explicar o presente. Contudo, não se estabelece uma relação dinâmica nas trajetórias capaz de explicar a formação dos padrões de mudança técnica e sua evolução no tempo. Sendo assim, apesar do reconhecimento do da cumulatividade, a taxonomia apresenta-se de forma estática.

Uma outra proposta de tipologia relacionando setores produtivos com atividades inovativas é apresentada por Malerba e Orsenigo (1996). Esses autores identificam dois padrões de atividade inovativa, denominados *Schumpeter Mark I* (SMI) e *Schumpeter Mark II* (SMII), pois cada um deles é associado a um dos trabalhos de Schumpeter (1982, 1984). O padrão SMI é marcado pelo processo de “destruição criativa”, no qual o empreendedor e as novas firmas são os principais responsáveis pela introdução de inovações. Este padrão também pode ser chamado de *widening*, por que sua base de conhecimento permanece em expansão com a entrada de novas empresas inovadoras, as quais corrompem as vantagens das empresas estabelecidas. Por sua vez, no padrão SMII a cumulatividade do conhecimento é ressaltada, sendo caracterizado pelo processo de “acumulação criativa”. Neste padrão, os principais agentes responsáveis pela introdução de inovações são as grandes empresas estabelecidas no mercado, que é marcado por elevadas barreiras à entrada para os inovadores. Devido a estas características que reforçam a importância da acumulação de capacitações pelas empresas ao longo do tempo para a introdução de inovações, este padrão também é chamado de *deepening*.

As diferenças entre os padrões SMI e SMII são atribuídas a diferentes aspectos da dinâmica industrial. A primeira interpretação apontada pelos autores está relacionada ao tempo. O padrão SMI seria o primeiro estágio do capitalismo ou de um setor industrial. Conforme já foi apontado por Dosi (1982), o estabelecimento de um novo paradigma e o início de uma trajetória tecnológica são marcados pelo empreendedorismo, com características de um padrão SMI. À medida que as características produtivas e comerciais do

setor amadurecem o processo de acumulação do conhecimento avança e as economias dinâmicas de aprendizado criam diversos tipos de barreiras que protegem as empresas estabelecidas dos inovadores potenciais, caracterizando um padrão semelhante ao SMII.

No plano empírico o trabalho de Malerba e Orsenigo (1996) contribui para o aprofundamento analítico de duas hipóteses. A primeira diz respeito às características tecnológicas específicas do “regime tecnológico” de uma gama maior de setores produtivos, uma vez que a discussão colocada por Schumpeter (1982) está centrada nas indústrias tradicionais, e em Schumpeter (1984), os exemplos enfocam principalmente a dinâmica das indústrias elétrica e química. Segundo os autores, as características próprias de cada setor industrial ou de uma tecnologia podem ser entendidas em termos de regimes tecnológicos, conforme discutem os trabalhos de Nelson e Winter¹² (1982), Winter (1984), Malerba e Orsenigo (1993), Breschi, Malerba e Orsenigo (2000) e Marsili (1999, 2001). A segunda hipótese é realçar as características e as diferenças próprias de cada país, no que tange a história de formação de suas indústrias, as políticas industriais e tecnológicas, e os aspectos institucionais específicos; questões estas que já foram tratadas por Freeman (1988), Lundvall (1988) e Nelson (1993) no conceito de Sistema Nacional de Inovação. Os autores também entendem que é possível unir estas duas hipóteses para ampliar a discussão sobre especialização tecnológica (ou setorial) dos países, de acordo com os padrões SMI e SMII.

Para verificar essas duas hipóteses, os autores fizeram um estudo sobre uma base de patentes de seis países de industrialização avançada, para 49 classes tecnológicas. Também foram coletadas informações sobre o tamanho das firmas que depositaram as patentes, em termos de números de empregados. As variáveis utilizadas pelos autores referem-se à concentração das inovações entre as empresas e tamanho das empresas inovadoras, de modo a identificar os padrões SMI e SMII. Em um padrão de inovação SMI espera-se: baixa concentração das inovações entre as empresas, instabilidade no ranking de inovadores, alta taxa de entrada de novas empresas inovadoras e que as inovadoras sejam empresas de pequeno porte. Por outro lado, no padrão SMII deve haver: inovação concentrada em um grupo de empresas, estabilidade no ranking dos inovadores, pequena taxa de entrada de empresas inovadoras e as inovadoras devem ser empresas de grande porte. A correlação entre as variáveis apresentadas evidenciou estas relações. A taxa de entrada de empresas inovadoras, por exemplo, foi negativamente correlacionada com as medidas de concentração e tamanho das empresas. A caracterização de cada classe tecnológica em termos dos padrões

¹² O modelo de Nelson e Winter (1982) é discutido na seção 2.4 deste capítulo.

SMI e SMII mostrou resultados semelhantes entre os países, o que permitiu identificar estes padrões. O padrão SMI foi atribuído a 19 classes tecnológicas, principalmente nos setores tradicionais, tecnologias mecânicas, instrumentos e eletrodomésticos de linha branca. No padrão SMII foram identificadas 15 classes tecnológicas, principalmente nos setores químico e eletrônico.

Ainda que os padrões tenham mostrado consistência quanto às classes tecnológicas, os autores também encontraram resultados interessantes na caracterização industrial entre os países. Considerando os países europeus analisados, a Alemanha mostrou um padrão que pode ser atribuído ao SMII, com elevada concentração e estabilidade das empresas inovadoras e elevada assimetria entre as empresas quanto à inovação, pouca participação de novas empresas inovadoras e as empresas inovadoras são de grande porte. A Itália caracterizou-se por um padrão SMI, com elevada entrada, menor estabilidade e tamanho das empresas inovadoras, mas com alta concentração. Algumas classes de tecnologia apresentaram comportamento distinto entre os países, tais como na indústria de alimentos e tabaco, que foram identificadas como SMI apenas na Alemanha e na França; na indústria de papel, que foi SMII nos EUA e Itália; tratamento químico de fibras e papel, atribuído a SMI na França e Itália; metalurgia, máquinas agrícolas e veículos, que foram identificados como SMI apenas no EUA e Japão; entre outros exemplos. Por estas diferenças, os autores afirmam que “[...] national specificities in the patterns of innovation do exist. [...]” (MALERBA; ORSENIGO, 1996, p. 465-466), mas consideram que os dados apresentados não constituem base suficiente para delinear com maior clareza estas especificidades. Por fim, os autores também tentam estabelecer direções na relação entre os padrões de atividade inovativa e a especialização tecnológica dos países. Isto foi feito a partir das observações em termos de padrões SMI e SMII dos países e das classes tecnológicas. No entanto, os resultados apresentados não foram suficientes para obter uma explicação conclusiva sobre a especialização tecnológica, de modo que são necessárias mais variáveis do que as que representam os padrões de atividades inovativas para associar classes tecnológicas e países. Nesse sentido, o reconhecimento de que as especificidades tecnológicas setoriais prevalecem sobre as empresas, é importante no âmbito positivo e no âmbito normativo. No âmbito positivo, é necessário discutir e entender, por exemplo, porque existe concentração de investimentos em determinados setores e porque alguns países destacam-se em alguns deles. A discussão sobre a importância das políticas industriais e de desenvolvimento está no âmbito normativo, pois esta investigação permite entender problemas como quais são os incentivos adequados para acelerar a taxa de progresso técnico e qual a necessidade de ampliação de mercado para a expansão de um setor.

2.3 A ABORDAGEM SISTÊMICA

Outra estrutura de análise utilizada para o estudo da mudança tecnológica dentro da corrente evolucionária é a abordagem de sistemas. Bastante difundida na área de engenharia, a abordagem de sistemas é construída a partir da definição de componentes e suas relações, bem como os atributos de cada um. Os componentes são as partes que operam o sistema, que podem ser as organizações, artefatos, instituições, entre outros. Os componentes são ligados pelas relações, afetam-se mutuamente, e são interdependentes. Por isso, as propriedades e o comportamento de um componente mudam os demais e o próprio sistema, e esta interação torna o sistema dinâmico. Em um sistema dinâmico, as mudanças podem ser geradas endogenamente ou podem ocorrer no ambiente. Os atributos são as propriedades dos componentes e de suas relações, e irão caracterizar o sistema. Neste sentido, o sistema pode ser avaliado quanto aos seus principais atributos: sua robustez, sua capacidade de gerar mudanças, sua flexibilidade e sua capacidade de responder às mudanças (CARLSSON *et al.*, 2002).

Um sistema deve ter uma função, um objetivo, o qual deve estar relacionado com suas características e com a dimensão definida pela análise. Num sistema de inovação, a principal relação trata da transferência e aquisição de tecnologia, de modo que a interação entre os componentes muda suas capacitações e a configuração do sistema. Sua função deve ser “generate, diffuse and utilize technology” (CARLSSON *et al.*, 2002, p. 4), e suas características são geradas pela capacitação ou competência dos atores para exercer estas funções. Carlsson *et al.* (2002) definem quatro tipos de competências tecno-econômicas, entendidas como a “ability to identify and exploit business opportunities” (CARLSSON *et al.*, 2002, p. 5). A primeira é a chamada capacitação seletiva ou estratégica, e trata da capacidade de fazer escolhas: mercado, produto, tecnologia, estrutura organizacional, processo inovativo, pessoas, recursos, e etc. Significa “saber a coisa certa” e inclui a capacidade de absorção, através da qual tais escolhas serão monitoradas, identificadas e adquiridas. A segunda competência destacada pelo autor é chamada de habilidade organizacional, e consiste em saber integrar ou coordenar os recursos e atividades para atingir os objetivos. Esta capacitação inclui a capacidade de fazer novas combinações, de modo a gerar e melhorar tecnologias. A próxima competência está em “fazer a coisa certo”, pois quer dizer conduzir as atividades de modo eficiente, e é chamada de habilidade funcional. A quarta competência é chamada de habilidade de aprendizado ou adaptação, e através dela deve-se aprender com os erros e acertos, bem como identificá-los e corrigi-los, ler e interpretar sinais de mercado e tomar as

iniciativas adequadas, e difundir tecnologia no sistema. Desta habilidade depende a capacidade de sobrevivência, pois um ambiente com inovação está em constante mudança.

Com relação à dimensão do sistema, é possível encontrar diversos recortes na literatura. Um dos mais conhecidos é o conceito de Sistema Nacional de Inovação, o qual contou com as contribuições de autores como Lundvall (1988, 1992), Freeman (1987, 1988), e Nelson (1993). Neste conceito, destaca-se o efeito da infra-estrutura institucional dos países na taxa e direção do progresso tecnológico. As instituições públicas como universidades, escolas técnicas e centros de pesquisa exercem influência sobre a atividade inovativa das empresas. Além das instituições diretamente relacionadas com a pesquisa, autores na mesma linha de Lundvall (1988, 1992) destacam o conjunto de interações entre todos os componentes do sistema, como a relação usuário-produtor, regimes de apropriabilidade das tecnologias, relações de trabalho, e as políticas do governo (FREEMAN, 1994). Conforme Freeman (1994) e Leoncini (2000), a persistência do bom desempenho de alguns países e determinados setores, bem como a heterogeneidade entre este desempenho, pode ser em parte atribuída aos Sistemas Nacionais de Inovação, e a noção de convergência tecnológica entre os países passa a ser descartada.

Os limites nacionais nem sempre traduzem os limites tecnológicos e econômicos das interações, especialmente em países de grande extensão territorial. Desta forma, o conceito de sistemas de inovação foi trabalhado em outras dimensões geográficas, como a regional e a local. O conceito de Sistema Local de Inovação foi discutido por autores como Edquist (1997) e Lastres *et al.* (1999), conforme aponta Garcia (2001), tendo em vista a dimensão local do processo de geração e difusão tecnológica que ocorre nas chamadas economias de aglomeração. Este tipo de arranjo produtivo é estudado a partir de conceitos como Distritos Industriais, Sistemas Locais de Produção, *clusters*, Aglomerações de Produção Local e Sistemas Industriais Local. Neste contexto, a proximidade geográfica torna-se mais relevante quanto maior o caráter tácito do conhecimento, de modo que as interações frequentes são fundamentais para o processo de aprendizado, que ocorre de forma coletiva e passa a constituir uma vantagem competitiva das empresas inseridas neste ambiente (GARCIA, 2001).

Conforme apontam Carlsson *et al.* (2002) e Leoncini (2000), outra dimensão possível de análise é a setorial, na qual destacam-se dois conceitos: o de Sistema Setorial de Inovação e o de Sistema Tecnológico. Segundo Malerba (2002), a dimensão setorial sempre foi relevante para os estudos econômicos, em especial nos trabalhos de Economia Industrial. Contudo, apesar de alguns estudos tratarem da dinâmica do progresso tecnológico e do

crescimento das firmas, prevalece a visão estática e pouca atenção é voltada para as organizações que não são empresas, como universidades e centros de pesquisa, bem como as interações que ocorrem entre eles e que contribui para o processo de aprendizado e geração de conhecimento. A abordagem de Sistema Setorial de Inovação e Produção, conforme Malerba (2002) tem como objetivo promover uma visão mais ampla dos setores, integrando a teoria evolucionária e a abordagem de sistemas. Segundo o autor, este tipo de análise complementa os Sistemas de Inovação tratados sob a dimensão geográfica (nacional, regional e local), bem como o Sistema Tecnológico de Carlsson e Stankiewicz (1991).

Um Sistema Setorial de Inovação e Produção (SSI) é definido por um conjunto de produtos com usos determinados, e pelos agentes responsáveis pela criação, produção e venda destes produtos. Os limites reais do sistema são dados pelas tecnologias básicas, insumos, demanda, com suas respectivas ligações e complementariedades, de modo que estes limites não são estáticos. Além destes elementos, também são componentes do sistema os processos de conhecimento e aprendizado, mecanismos de interação internos e externos às firmas, as instituições, e os processos de competição e seleção. Os agentes do sistema (organizações e indivíduos) são empresas, universidades, órgãos do governo, autoridades, departamentos de P&D, grupos de empresas, entre outros, e eles podem interagir em relações de mercado ou não. Cada um destes agentes possui características próprias e sua ação será condicionada pelas instituições. A abordagem de Sistema Setorial de Inovação e Produção é dinâmica, pois permite que o sistema e suas partes se modifiquem ao longo do tempo – agentes, interações, o próprio sistema e sua dimensão setorial estão em um processo de evolução. Segundo Malerba (2002), o nível de agregação a ser utilizado depende dos interesses da pesquisa: é possível definir diferentes níveis para agentes; esferas de inovação, produção e distribuição; e grupos de produtos. A proposta de um recorte setorial para sistemas de inovação parte do reconhecimento de que os setores industriais diferem significativamente quanto aos processos de geração e difusão de conhecimento e inovação.

Sendo assim, poder-se-ia sistematizar os principais “blocos construtores” de um SSI. O primeiro bloco é composto pela base de conhecimento e processo de aprendizado. Segundo o autor, é possível diferenciar dois domínios do conhecimento: o científico e tecnológico, que está na base das atividades inovativas; e o aplicado, que depende das relações com o usuário e a demanda. Além disso, o conhecimento possui outras dimensões relevantes, como a acessibilidade, relacionada aos graus de apropriabilidade e concentração de mercado, e as oportunidades tecnológicas. Quanto maior a acessibilidade do conhecimento interno às empresas, menor tende a ser a apropriabilidade e a concentração do setor, pois o

conhecimento acessível permite a imitação dos concorrentes. A maior acessibilidade de conhecimento externo à empresa, como avanços científicos, permite melhores condições em oportunidades tecnológicas para inovar, mas elas também requerem capacitações das empresas para serem exploradas.

O autor destaca ainda a dimensão cumulativa do conhecimento, na qual se reconhece que existem processos de aprendizado e retornos crescentes dinâmicos para a tecnologia; capacitações organizacionais para a empresa; e processos de seleção (e premiação) do mercado para o melhor desempenho, e tudo isto faz com que o conhecimento novo dependa do atual. Todas estas dimensões – acessibilidade, oportunidade tecnológica e cumulatividade – pode ser resumidas no conceito de regime tecnológico. Cada setor de atividade está relacionado a um regime tecnológico, sendo que este regime, por sua vez, está relacionado a diferentes padrões de atividade inovativa. Esta relação entre regimes tecnológicos e padrões de atividade inovativa será discutida com mais detalhe na seção 3.1.

Um segundo bloco é o das tecnologias básicas, insumos, e demanda. Um SSI pode ser composto por diferentes tecnologias básicas, demanda voltada para variadas aplicações, bem como diferentes fontes de insumos. Todos estes elementos estão relacionados em uma matriz complexa, que afetam a atuação das organizações e a formação das competências, sendo que a interação entre eles é fonte de transformação do SSI. Tecnologias básicas, insumos, e demanda são elementos condicionantes do comportamento das empresas, mas não impedem que ocorra a diversidade em um SSI. O terceiro bloco de um SSI constitui um dos elementos que distingue este conceito de outras abordagens setoriais. Ele trata dos tipos e estrutura de interação entre organizações, sendo elas empresas ou outras organizações. As empresas são os agentes mais importantes do sistema: elas criam, fabricam, vendem, e compram, pois são usuários e fornecedores. As demais organizações, como universidades, centros de pesquisa, instituições financeiras, agências do governo, entre outras, dão suporte para a inovação, difusão tecnológica e produção das firmas, sendo que elas possuem um papel distinto em cada SSI. Este papel está relacionado às diferentes bases de conhecimento, processos de aprendizado, além das características próprias do segundo bloco construtor (tecnologias básicas, insumos, e demanda), pois estes aspectos condicionam as diferentes formas pelas quais as organizações irão interagir. Esta questão pode ser evidenciada, por exemplo, nas formas de relação que são estabelecidas entre empresas, universidades, órgãos reguladores do governo, e capitalistas de risco no setor farmacêutico; e entre usuários, produtores, governo e bancos, no setor de máquinas e equipamentos.

O quarto bloco é formado pelas instituições. Cada SSI será envolvido por diferentes instituições. Elas podem ser impositivas ou voluntárias, tais como as regras que regem contratos e normatização de produtos; podem ser formais ou informais, como a legislação de parcerias entre empresas e a cultura da cooperação; e ainda ter abrangência nacional ou setorial, como as leis de patentes e fito-sanitárias. As instituições podem propiciar um ambiente melhor ou pior para o desenvolvimento de um setor, e possuem papel relevante na explicação do desempenho diferenciado dos países em um mesmo setor. O quinto bloco ressalta a dinâmica interna das empresas inseridas em um SSI através de dois processos evolucionários. O primeiro é a criação de variedade entre as empresas, que ocorre pela introdução de elementos novos, sejam eles produtos, tecnologias, instituições, estratégias e comportamentos. A introdução destes elementos pode acontecer de diversas formas, mas destaca-se a entrada de novas organizações. Em especial, segundo estudos apresentados pelo autor, a condição de entrada de novas empresas depende das características da base de conhecimento, nível, difusão e distribuição de competências, presença das organizações que não são empresas, e do funcionamento das instituições setoriais. As novas empresas trazem novas abordagens para produtos e processos no setor, contribuindo para a mudança tecnológica. O segundo processo evolucionário é a seleção. O processo de seleção reduz a heterogeneidade gerada pela introdução da variedade, e determina o processo de expansão ou contração dos componentes de um SSI. No entanto, a frequência e a intensidade do processo de seleção são próprias de cada SSI.

A análise que utiliza como ferramenta metodológica o SSI deve estar centrada na sua transformação e evolução. As mudanças que conduzem a este processo estão na própria co-evolução dos diferentes elementos do SSI, tais como os que foram discutidos nos blocos construtores. Cada trajetória será própria de um SSI, e neste sentido, possui as mesmas características de irreversibilidade e *path dependence* das trajetórias tecnológicas de Dosi (1982), e que podem aprisionar um SSI em uma tecnologia inferior. O conceito de SSI é útil para a análise descritiva de setores e entendimento de sua dinâmica, pois permite identificar fatores que afetam seu desempenho e competitividade, contribuindo assim para a formulação de políticas públicas. Um desafio para os estudos, conforme o autor, está em encontrar uma taxonomia que permita agregar os SSI em grupos, de acordo com os regimes tecnológicos e seus respectivos padrões de atividade inovativa. Este desafio destaca a relevância do trabalho de Marsili (1999, 2001) - discutido adiante neste trabalho -, uma vez que a autora conseguiu avançar na proposta de Malerba (2002), unindo a taxonomia de Pavitt (1984) e os padrões de atividade inovativa colocados por Malerba e Orsenigo (1993).

Pode-se ainda destacar a contribuição interessante de Carlsson e Stankiewicz (1991) e Carlsson *et al.* (2002) para a abordagem de sistemas sob o recorte setorial. O conceito de Sistema Tecnológico, desenvolvido pelos autores constitui-se numa forma mais desagregada e dinâmica de tratar o desenvolvimento tecnológico sistêmico. Além das mudanças que ocorrem nos atores (empresas ou não), nas relações e nas instituições, não são colocados limites espaciais e o enfoque analítico centra-se nas tecnologias genéricas de ampla aplicação, o que constitui o principal diferencial com relação às outras abordagens. As interações que se estabelecem entre os atores podem ocorrer dentro e fora do mercado, e são classificadas em três tipos: relações comprador-fornecedor; relações problema-solução; e redes informais. As relações comprador-fornecedor serão mais importantes quanto maior for o conteúdo técnico que transmitem, ao invés de tratarem apenas da troca de mercadorias. No entanto, a informação técnica também tem origem fora desta relação, como nas universidades. Além disso, as relações informais também constituem uma importante forma de acesso e compartilhamento de informações. A segunda forma de interação – relações problema-solução – define os limites de um Sistema Tecnológico, pois indica quem os atores buscam quando é necessário resolver um problema, ou seja, onde está a principal fonte de tecnologia ou de inovação.

Segundo Carlsson *et al.* (2002), a abordagem de Sistemas Tecnológicos parte de alguns pressupostos. A principal unidade de análise é o próprio sistema, em sua dinâmica, ou seja, sua evolução ao longo do tempo. Na avaliação do sistema, é mais importante a ampliação de suas capacidades de absorção no sentido de identificar, absorver e explorar oportunidades tecnológicas globais, do que as de criação de tecnologias. No entanto, o conjunto das oportunidades tecnológicas não é totalmente acessível para os componentes do sistema, pois eles possuem racionalidade limitada. Isto restringe suas capacidades, acesso às informações, bem como a visualização do conjunto de oportunidades tecnológicas globais.

Carlsson *et al.* (2002) consideram que existem três níveis de análise que podem ser adotados no conceito de Sistema Tecnológico: tecnologia, produto, e conjunto de produtos. No primeiro nível, identifica-se um grupo de tecnologias relacionadas que representam um campo do conhecimento, e a partir delas se define os produtos que as utilizam e quem são seus consumidores. No segundo nível, define-se um produto e identificam-se quais as tecnologias que lhe são necessárias, bem como quem são seus consumidores. Por fim, o terceiro nível de análise aproxima-se do estudo de um mercado, pois a partir do grupo de produtos são identificadas as tecnologias relacionadas e os consumidores. Neste último nível de análise, devido à maior quantidade de tecnologias envolvidas, a análise das mesmas será

limitada. A escolha do nível de análise irá determinar quais são os limites, atores, redes e instituições envolvidas. Neste sentido, as possibilidades de um Sistema Tecnológico se expandem com relação às demais abordagens, pois muitas vezes a capacitação tecnológica de uma determinada tecnologia não está em seu próprio setor industrial, e a estrutura desagregada desta abordagem permite esta compreensão. Num estudo que adota o nível de tecnologia, todos os atores que possuem capacitação tecnológica nesta tecnologia serão incluídos na análise, e o enfoque estará mais voltado para a geração de competências e conhecimento. Adotando-se o nível de produto, todos os atores de uma indústria farão parte do sistema, e o enfoque estará voltado para a difusão e uso das tecnologias.

A partir da definição do nível de análise, é possível definir os limites do sistema. Se adotados os níveis de produto ou conjunto de produtos, os limites são fornecidos pela classificação setorial destes, mas isto sempre envolve algum grau de arbitrariedade quanto maior for o grupo de setores relacionados. Mais complexa, no entanto, é a definição dos limites no nível de tecnologia. É necessário estipular qual o campo de conhecimento, o que depende de especialistas no setor. O autor relaciona alguns métodos que auxiliam na definição destes limites, como verificar se há necessidade de aprendizado novo para migrar entre as tecnologias, o que indica qual o grau de proximidade entre elas. Ao longo da evolução do sistema, os limites precisam ser redefinidos, pois as tecnologias e sub-tecnologias relacionadas irão mudar. Definidos os limites do sistema, é necessário identificar os atores. Novamente, a maior dificuldade ocorre quando o nível de análise é uma tecnologia, pois é preciso localizar todos os atores que possuem competência na mesma. As patentes, por exemplo, não indicam necessariamente esta competência, pois aplicar uma tecnologia é diferente de desenvolvê-la. Desta forma, pode ser necessário utilizar mais de um método para a identificação dos atores.

Um Sistema Tecnológico será avaliado de acordo com o desempenho dos diferentes componentes que são conectados por ele. Um sistema terá bom desempenho se todos os seus componentes tiverem bom desempenho, mas o sistema sempre deve ser avaliado como um todo. Diversos indicadores podem ser utilizados para a avaliação do sistema, mas eles devem estar de acordo com o nível de análise estabelecido e com o grau de maturidade do sistema. Os indicadores de geração de conhecimento podem ser número de patentes; engenheiros ou cientistas; mobilidade dos profissionais, pois eles difundem o conhecimento; ou ainda campos tecnológicos, pois quanto maior a diversidade possível, maior a experimentação e as chances de se identificar a tecnologia que deve ser desenvolvida no futuro. Neste sentido, este indicador será mais relevante em sistemas imaturos, contribuindo para mostrar seu potencial

de crescimento. Além destes, podem ser utilizados indicadores de difusão de conhecimento, como o número de parcerias estabelecidas, ou número de licenças concedidas, e indicadores de uso do conhecimento, que aproximam resultados econômicos, como os dados de emprego, faturamento e crescimento. Enfim, para medir o desempenho de um Sistema Tecnológico é importante utilizar um número significativo de indicadores, e a partir deles é possível fazer uma comparação entre países ou a evolução destes indicadores no tempo, pois a contribuição de um sistema de inovação para o crescimento econômico de longo prazo só pode ser avaliada em retrospectiva, conforme defendem os autores.

Um avanço teórico construído a partir dos Sistemas Tecnológicos está no conceito de Economia Experimentalmente Organizada – EEO (CARLSSON; ELIASSON, 2003). A EEO ajuda a explicar dinamicamente como a tecnologia gerada pelo Sistema Tecnológico se converte em crescimento econômico, identificando as características da intersecção entre o Sistema Tecnológico (oferta de inovações) e o Bloco de Competência (demanda por inovações). O Bloco de Competência é formado pelo conjunto de atores que fazem a seleção das tecnologias e que, assim, desenvolvem uma indústria. Os autores identificam seis atores. Os consumidores são atores muito importantes, uma vez que o consumidor exigente contribui para o desenvolvimento e para a qualidade dos mercados. Os inovadores são os que combinam as tecnologias para criar a inovação e constituem o elemento que une o Sistema Tecnológico e o Bloco de Competência. O empreendedor é o ator responsável por identificar uma inovação e implementá-la, mas para isso precisa do dinheiro dos capitalistas de risco. Estes, por sua vez, só investirão se houver um mercado de saída para o investimento de risco de modo a realizar o lucro (venda das ações de participação na empresa, por exemplo). Se o resultado da inovação for bem sucedido, um industrialista irá ampliar a escala do negócio para nível industrial (CARLSSON; ELIASSON, 2003).

Um Bloco de Competência completo significa possuir estas seis funções com um número significativo de atores em cada uma delas. Se o bloco está completo, os riscos são minimizados e a pesquisa científica e tecnológica apresenta retornos crescentes, pois mais oportunidades serão aproveitadas. Uma grande empresa consegue desempenhar muitas destas funções, mas reduz a variedade inovativa no processo de seleção de modo a garantir estabilidade e eficiência estática. O Bloco de Competência fornece os incentivos para inovar e será mais efetivo quanto maior for sua capacidade de refletir as preferências dos consumidores, e conseguir traduzir estas preferências no seu processo de avaliação das inovações geradas no Sistema Tecnológico. O mercado da inovação é formado pelo inovador e pelo empreendedor. As inovações selecionadas – as vencedoras – são conduzidas para a

produção industrial no Bloco de Competência. Contudo, todo este processo é indeterminado, pois está sujeito a erros. Mesmo quando uma inovação chega à etapa final, na produção industrial, a incompetência do industrialista pode levar ao fracasso comercial do produto. As competências dos atores assumem, desta forma, papel fundamental. Contudo, também é necessário que existam incentivos para estimular o investimento e a competição, de modo a expulsar os perdedores e canalizar os recursos para os vencedores, o que ressalta o papel das instituições.

A abordagem da EEO permite estudar as competências no processo de geração de inovação através do Sistema Tecnológico, e na demanda por estas inovações através do Bloco de Competências. O resultado da intersecção destas abordagens gera a EEO e permite o estudo dinâmico das indústrias, com a entrada e saída de empresas, evolução industrial, e mudança tecnológica. Os autores apontam que com a EEO é possível montar modelos de simulação que permitem a análise macro estruturada a partir de uma base microeconômica, endogeneizando o processo de crescimento econômico de forma não-linear. Assim como o SSI, os Sistemas Tecnológicos e a Economia Experimentalmente Organizada ressaltam as características próprias do avanço tecnológico em cada área do conhecimento, as quais condicionam os resultados econômicos que serão obtidos. Apesar de serem dinâmicos, estes enfoques possuem um caráter descritivo, e uma análise mais ampla da economia requer o agrupamento dos setores, tal como fazem Carlsson e Eliasson (2003) com modelos de simulação, ou como sugere Malerba (2002), com uma taxonomia que permita agregar os SSI.

2.4 MODELOS DE SIMULAÇÃO

O livro de Nelson e Winter (1982), “An Evolutionary Theory of Economic Change”, constitui um dos mais importantes marcos teóricos da teoria evolucionária. Neste trabalho os autores apontam quais são os elementos que distinguem e constroem uma teoria evolucionária da mudança econômica, ressaltando a diversidade dos níveis de capacitação e dos comportamentos que as empresas adotam em um mesmo ambiente. Nessa visão, a idéia é que as empresas criam suas vantagens competitivas através de suas capacitações, que as permitem inovar e produzir assimetrias. No entanto, as tarefas comuns realizadas pelas empresas são organizadas através de rotinas. As rotinas fornecem uma solução previamente conhecida para os problemas que as empresas enfrentam em condições de incerteza. O surgimento de novos problemas fará com que seja necessário desenvolver uma nova rotina ou modificar as existentes, e isto dependerá das habilidades da empresa, dos indivíduos que a compõem, e da

capacidade de adaptação de ambos. O mercado constitui o ambiente de seleção. As escolhas selecionadas serão premiadas e apresentarão desempenho superior, pressionando ou eliminando as demais. O processo de seleção faz com que as melhores escolhas avancem, gerando progresso econômico. Conforme aponta Almeida (2006, p. 295), o trabalho de Nelson e Winter (1982) é pioneiro na integração de elementos como a noção de concorrência schumpeteriana, a visão behaviorista da firma, a racionalidade limitada dos agentes proposta por Simon (1987), e conceitos da teoria da evolução, como o processo de seleção.

Nelson e Winter (1982) utilizam modelos de simulação para discutir as questões sobre o comportamento das empresas, o progresso técnico e o crescimento econômico. Em especial, destaca-se o modelo apresentado nos capítulos 12, 13 e 14. Estes capítulos tratam da relação entre estrutura de mercado, concorrência e inovação, e se tornaram referência sobre o tema. Os autores partem da concepção de que a concorrência no sentido schumpeteriano é incompatível com a visão neoclássica. Na concorrência schumpeteriana não é possível identificar uma situação de equilíbrio, pois os desequilíbrios são a regra. As empresas irão responder de formas distintas aos mesmos sinais de mercado. Os autores construíram um modelo básico para poder simular os efeitos da concorrência schumpeteriana na estrutura de mercado, mostrando que a dinâmica industrial se desenvolve através do processo de concorrência e da criação de assimetrias pela introdução das inovações. O modelo¹³ é uma simplificação da realidade, mas que permite observar estas conexões. Os pressupostos do modelo básico apresentado em Nelson e Winter (1982, cap. 12) são:

- As firmas produzem um produto homogêneo;
- As firmas operam a plena capacidade;
- A elasticidade da demanda é unitária;
- As técnicas de produção diferem quanto ao volume de produção por unidade de capital; e por isso
- O custo constitui uma variável, pois se altera de acordo com a técnica utilizada;
- A adoção de uma técnica mais produtiva pode ser decorrente da atividade de pesquisa inovadora ou imitativa, sendo que em ambos os casos são necessários gastos em atividade de P&D, e esta apresenta resultados incertos;
- Os gastos em P&D dependem do tamanho da firma (proporção do capital), e da política adotada (inovação ou imitação);

¹³ Para os fins deste trabalho, não se considera necessário expor a estrutura matemática do modelo, que está disponível em Nelson e Winter (1982), e foi analisada por Almeida (2004).

- A probabilidade de fazer uma “escolha” (obter um resultado de pesquisa) é proporcional ao gasto em P&D, de forma que as grandes firmas possuem vantagens sobre as pequenas;
- Existem dois tipos de distribuição de probabilidades para a escolha da inovação, que os autores chamam de regimes de mudança tecnológica (NELSON; WINTER, 1982, p. 283):
 - regime de base científica: existe um conjunto de valores da produtividade média do capital, que segue uma distribuição de probabilidades do tipo log-normal, no qual a empresa faz sua escolha. A média desta distribuição (produtividade latente) cresce ao longo do tempo, refletindo os avanços da ciência que ocorrem fora das empresas;
 - regime cumulativo: o conjunto onde é feita a escolha das empresas é formado por taxas de incremento da produtividade corrente da firma. A distribuição destas taxas é constante, sendo que os pequenos incrementos são mais prováveis que maiores.

No regime de base científica, cada escolha tecnológica será feita em uma mostra distinta, devido à melhoria das técnicas proporcionada pela taxa de crescimento da produtividade latente, e independe dos resultados anteriores obtidos. No regime cumulativo, uma escolha melhora a produtividade corrente e forma uma base maior para o próximo aumento da produtividade, gerando o efeito cumulativo. Neste modelo, a estrutura de mercado será determinada endogenamente, pois é a razão preço/custo e a participação no mercado que determinam a vontade de expansão das empresas. Quanto maior a razão preço-custo, maior a vontade de investir e maiores as possibilidades de obter financiamento. No entanto, se a participação da empresa no mercado é grande, sua expansão pode reduzir o preço de mercado, prejudicando seu próprio resultado. Em resumo:

The model defines a stochastic dynamic system in which, over time, productivity levels tend to rise and unit production costs tend to fall as better technologies are found. As a result of these dynamic forces, price tends to fall and industry output tends to rise over time. Relatively profitable firms expand and unprofitable ones contract, and those that do innovative R&D may thrive or decline. In turn, their fate influences the flow of innovations. (NELSON; WINTER, 1982, p. 287).

A partir deste modelo básico, os autores fizeram simulações para cinco diferentes quantidades iniciais de empresas no mercado (2, 4, 8, 16 e 32), considerando um regime de base científica. Em cada simulação, as firmas são divididas em dois grupos em relação à política de gastos em P&D: um grupo realiza atividades de pesquisa inovativa e imitativa, e o outro grupo realiza apenas atividade de pesquisa imitativa. Estas simulações têm como

objetivo fazer uma exploração sobre a relação entre estrutura de mercado e o desempenho inovador, e com isto trouxe resultados interessantes sobre a segunda hipótese schumpeteriana¹⁴. Os autores fizeram ainda a distinção entre dois tipos de regime de financiamento. No primeiro, as firmas têm acesso a 2,5 vezes seus lucros, enquanto no segundo o crédito é apenas no montante dos próprios lucros. Foram formadas assim, dez condições iniciais distintas, com cinco quantidades iniciais de firmas e dois regimes financeiros.

Os resultados mostraram que a melhor prática (maior nível de produtividade por unidade de capital) não apresentou variação significativa nas diferentes condições de concentração da indústria. Este resultado é atribuído pelos autores ao próprio regime tecnológico, pois não são necessários elevados gastos em pesquisa para que os avanços da produtividade latente sejam alcançados. No entanto, a produtividade média setorial é menor no final do período para as condições iniciais de pouca concentração (muitas empresas) do que nas condições de mercado concentrado, bem como a diferença entre a produtividade média e a produtividade latente é maior na primeira situação do que na segunda. Segundo os autores, esta diferença deve-se ao fato de que uma nova prática inovadora ou imitativa adotada por uma firma terá um efeito maior sobre a média do setor quanto maior for o seu tamanho. Desta forma, um setor menos concentrado terá menor produtividade média porque o hiato entre a produtividade latente e a produtividade média do setor é maior, e não porque a melhor prática evolui de forma mais lenta do que em um setor concentrado. Por este processo, a diferença do desempenho inovador superior do setor concentrado não decorre diretamente de sua estrutura, mas pelo efeito gerado pela maior escala de utilização da inovação.

Os gastos com a atividade de pesquisa inovativa não apresentaram taxa de recuperação superior a 100%. No entanto, nos setores mais concentrados, as empresas inovadoras permaneceram lucrativas, devido aos ganhos obtidos via produtividade, e pela restrição das empresas imitadoras, que são mais lucrativas, em expandir mais sua participação de mercado e com isso reduzir sua taxa de lucro. De modo geral, as estruturas de mercado concentradas tendem a permanecer como tal. Quando a estrutura de mercado é menos concentrada, no entanto, são as empresas inovadoras que tendem a ser expulsas do mercado pela sua menor lucratividade. A tendência à concentração se torna mais acentuada quanto maior a quantidade inicial de firmas, pois quando a condição inicial era de 32 firmas, o resultado final indicou a expulsão de mais da metade delas.

¹⁴ Ver nota 11.

Os autores também introduziram modificações no modelo básico de forma a observar outras características da relação entre inovação e estrutura de mercado (NELSON; WINTER, 1982, cap. 13). Considerando um regime de base científica, são introduzidos dois níveis diferentes para a taxa de crescimento da produtividade latente, para a dificuldade de imitação, para a agressividade das políticas de investimento das empresas, e a variância da atividade inovativa em torno da produtividade latente. Esta última modificação foi adotada com o intuito de apresentar níveis diferentes de oportunidades tecnológicas, os quais poderiam influenciar de forma distinta a estrutura de mercado. No entanto, os autores consideram que esta não foi uma forma adequada de introduzir esta idéia. Conforme os autores discutem, “[...] [i]t matters whether R&D projects are expensive so that a given R&D budget yields periodic large successes, or whether R&D projects are inexpensive so that the same R&D budget can yield a steady flow of more minor advances. [...]” (NELSON; WINTER, 1982, p. 325). Apesar desta limitação, as demais alterações no modelo básico puderam trazer resultados interessantes. A tendência de concentração de mercado ocorre com mais intensidade quando os níveis estão mais altos na taxa de crescimento da produtividade latente, na agressividade da política de investimento, na dificuldade de imitação. Nestes casos, o processo de geração de assimetrias entre as empresas é reforçado, de modo que as empresas que conseguem resultados de inovação criam vantagens com relação às demais e crescem. Desta forma, a relação positiva observada entre o nível de produtividade das empresas e seu tamanho é o próprio resultado do processo, pois as empresas crescem porque são mais produtivas.

Sob estas mesmas condições, os autores fizeram três conjuntos de simulações para comparar os resultados com o regime cumulativo (NELSON; WINTER, 1982, cap. 14). O primeiro conjunto é um oligopólio (4 empresas) em um regime de base científica. A tendência foi de que as empresas permanecessem próximas em termos de produtividade e tamanho. As inovadoras crescem mais, e com isso mantêm sua participação, apesar das imitadoras serem mais lucrativas. Em comparação com os experimentos anteriores com 16 firmas, o gasto total em pesquisa foi menor, e alcançando um nível tecnológico maior, de modo que é possível dizer que a estrutura mais concentrada foi mais eficiente no gasto com atividades de P&D. O segundo conjunto de simulações é um ambiente competitivo (16 firmas) de base científica. Neste caso, a agressividade da política de investimento afetou significativamente os resultados. Quando a agressividade é alta, as imitadoras crescem mais e o mercado também fica mais concentrado, pressionando as inovadoras. As empresas inovadoras obtêm melhor desempenho quando a taxa de crescimento da produtividade latente é maior, a imitação é difícil e a agressividade é menor, pois conseguem manter os investimentos em P&D. No

entanto, o resultado final em termos de produtividade média e melhor prática adotada não apresenta diferença expressiva, de modo que um mercado com maior participação das imitadoras reduz o gasto total em pesquisa inovadora utilizado para acompanhar o crescimento da produtividade latente. O terceiro conjunto de experimentos é de ambiente competitivo (16 empresas) em regime cumulativo. A principal diferença observada nestes resultados tem origem no nível de agressividade de investimento. Se a política de investimento é mais agressiva, as imitadoras pressionam as inovadoras, e a melhor prática e a produtividade média do setor apresentam um desempenho bastante inferior. Conforme este processo avança, as inovadoras se contraem e os investimentos em P&D inovador tendem a se esgotar, de modo que

[...] the industry should settle into something quite close to a competitive equilibrium with zero profits and static technology.

.....
 [...] The hidden hand has throttled the goose that lays the golden eggs. (NELSON; WINTER, 1982, p. 348).

A importância do trabalho de Nelson e Winter (1982) é bastante reconhecida. No entanto, Almeida (2004) coloca que a literatura já discutiu algumas das deficiências do modelo, como a formação de preços, função investimento e rigidez nas estratégias tecnológicas das empresas, como pode ser encontrado em Andersen (1996). Além destas, as simplificações adotadas também resultaram em limitações importantes para o estudo do processo de busca tecnológica. Conforme Almeida (2004), não há uma fase de transição no modelo entre o gasto das empresas em P&D e o acesso ao conhecimento, de modo que a transmissão tecnológica ocorre de forma automática. As empresas acessam diretamente as oportunidades tecnológicas por meio das atividades de pesquisa, sendo que estas oportunidades já estão disponíveis e a capacitação prévia das empresas é desconsiderada. Mais especificamente, no regime de mudança tecnológica de base científica, as oportunidades tecnológicas crescem ao longo do tempo, construindo a trajetória tecnológica sem que seja necessário qualquer esforço para expandir a fronteira tecnológica. Mesmo no regime cumulativo, segundo Almeida (2004), a cumulatividade não decorre do esforço de P&D passado da empresa, e por isso também desconsidera sua capacitação. Nas simulações com este regime, apenas a distribuição das probabilidades das taxas de crescimento e o volume de capital definem a decisão de busca tecnológica e o desempenho inovativo da empresa, apesar dos autores afirmarem que não há força exógena que interfira nas possibilidades de avanço tecnológico. Desta forma, não há cumulatividade do conhecimento e da tecnologia adquiridos anteriormente pela firma na determinação do seu sucesso inovador.

Conforme Almeida (2004), os modelos que foram construídos a partir da estrutura básica de Nelson e Winter (1982) herdaram os mesmos problemas, em especial, a limitação do processo de busca tecnológica. Entre os principais modelos desenvolvidos, o autor discute os trabalhos de Winter (1984); Silverberg, Dosi e Orsenigo (1988); Chiaromonte e Dosi (1993); e Possas e Koblitz (2001). Almeida (2006, p. 314) coloca que esta limitação ocorre na “[...] ausência (1) de *spillovers* de P&D, (2) de um processo específico à firma de exploração das oportunidades tecnológicas e (3) de cumulatividade tecnológica.” No modelo de Winter (1984), apesar do autor introduzir a possibilidade de entrada de novas empresas, apontar a noção de regimes tecnológicos¹⁵, e flexibilizar as políticas de investimento em P&D (de forma simplificadora, pois a mudança ocorre apenas quando se obtém lucros abaixo da meta), os resultados não indicaram mudanças nos apresentados por Nelson e Winter (1982) (ALMEIDA, 2004). O modelo de Silverberg, Dosi e Orsenigo (1988), por sua vez, apresenta mudanças importantes com relação ao trabalho de Nelson e Winter (1982), entre elas: mudança no processo de formação de preços; mudança no mecanismo de seleção das empresas no mercado, avanço tecnológico através da aquisição de equipamentos de diferentes estágios de uma trajetória tecnológica, introdução de aprendizado e suas externalidades, necessários para a exploração da tecnologia adquirida. No entanto, Almeida (2006) ressalta que a forma com a qual os autores incorporaram o aprendizado e suas externalidades possuem problemas. No aprendizado, as empresas acessam o conhecimento público sem que seja necessária a capacitação interna, e nas externalidades do aprendizado, o autor questiona se o aprendizado em uma tecnologia obtido por um concorrente pode contribuir para o aumento da produtividade de uma empresa que adota uma tecnologia distinta.

O modelo de Chiaromonte e Dosi (1993), conforme Almeida (2006), constitui um modelo bissetorial que tenta integrar os modelos de Nelson e Winter (1982) e Silverberg, Dosi e Orsenigo (1988), mas supera o resultado de ambos, por introduzir a possibilidade de mudança de paradigma tecnológico e por trazer elemento keynesiano de que as expectativas de demanda condicionam as decisões de produção e o investimento das empresas. O processo inovativo segue a distribuição de probabilidades de Nelson e Winter (1982) para o setor 1, que produz máquinas e equipamentos. No entanto, existem dois tipos de inovações: as incrementais, que tornam os produtos que fabricam mais eficientes; e as radicais, que melhoram suas próprias técnicas de produzir. No setor 2, o processo inovativo segue o modelo de Silverberg, Dosi e Orsenigo (1988), pois ele compra os produtos do setor 1.

¹⁵ A contribuição de Winter (1984) para o conceito de regimes tecnológicos é apresentada na seção 3.1.

Contudo, algumas deficiências do modelo são herdadas de Nelson e Winter (1982), como a rigidez na política de gasto em P&D e a ausência de cumulatividade tecnológica. O modelo de Possas e Koblitz (2001), também faz uma união dos elementos de Nelson e Winter (1982) e Silverberg, Dosi e Orsenigo (1988), incorporando elementos pós-keynesianos. Desta forma, o modelo também apresenta as limitações próprias dos modelos em que se fundamenta.

A contribuição de Almeida (2004, cap. 3) para o modelo de Possas e Koblitz (2001) foi incorporar um processo de busca tecnológica. Neste processo, o autor consegue introduzir a cumulatividade tecnológica, as externalidades da atividade de P&D das firmas, a depreciação intertemporal do conhecimento adquirido, e a distinção da base de conhecimento e da capacidade tecnológica das firmas, de modo que elas possam explorar uma trajetória tecnológica que está em construção, de acordo com suas competências. Sendo assim, não há transmissão automática da fronteira tecnológica para a firma, pois as oportunidades são trilhadas por uma função que leva em conta as capacitações acumuladas pela empresa. Os resultados de simulação foram pouco explorados, mas indicam desempenho superior das empresas inovadoras em relação às imitadoras; e tendência de concentração de mercado com sobrevivência de todas as empresas ao longo do período, o que é atribuído às capacitações adquiridas inicialmente.

No trabalho de Marsili (2001) podemos encontrar um modelo de simulação (cap. 10) que também incorpora um processo mais sofisticado de busca tecnológica. No modelo da autora, as empresas possuem um nível de competitividade, que reflete sua capacitação interna para entrar em uma indústria e explorar oportunidades tecnológicas. Os três regimes tecnológicos (*Schumpeter Mark I*, Intermediário, e *Schumpeter Mark II*) propostos pela autora levam em conta as características internas e externas da base de conhecimento da indústria, permitindo que se possam definir níveis para barreira tecnológica à entrada, oportunidade tecnológicas para as incumbentes, e cumulatividade de aprendizado. A partir de diferentes combinações é possível caracterizar a dinâmica industrial de diferentes setores, como farmacêutico e eletro-eletrônico, inseridos como *Schumpeter Mark II* no qual há alta de cumulatividade do aprendizado e de elevadas oportunidades tecnológicas para as incumbentes, mas reduzidas oportunidades tecnológicas para as empresas entrantes (elevadas barreiras tecnológicas à entrada). Neste trabalho (MARSILI, 2001), a autora faz uma ampla revisão teoria sobre estes conceitos e avança na noção de regimes tecnológicos, ressaltando as barreiras tecnológicas à entrada, cuja importância para a relação entre padrões de atividades inovativas e estrutura industrial já havia sido destacada em Winter (1984). Em resumo, os

modelos de simulação constituem uma boa ferramenta para evidenciar e entender os processos que resultam nos fatos estilizados apontados pela teoria apreciativa.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão apresentada neste capítulo teve como objetivo contextualizar o debate colocado na literatura neo-schumpeteriana e evolucionária sobre a dinâmica industrial e tecnológica. O caminho percorrido tratou dos conceitos de paradigma e trajetórias tecnológicas, que constituem uma das principais contribuições da literatura; de elementos microeconômicos, como as capacitações das empresas, os quais também podem ser tratados em níveis de indústria ou países; dos estudos voltados para traçar características semelhantes nos padrões de mudança técnica e de atividades inovativas estabelecidas em nível setorial; bem como alguns dos resultados obtidos sobre o tema através dos modelos de simulação. Todos estes trabalhos trouxeram contribuições muito importantes sobre a relação entre estrutura de mercado, dinâmica industrial e inovação, mas não esgotam o tema.

Em especial, tais trabalhos possuem a limitação alcançar parcialmente a integração entre os principais marcos teóricos da literatura, quais sejam, os elementos da dinâmica tecnológica descritos por Dosi (1982), os padrões setoriais estabelecidos por Pavitt (1984) e a dinâmica industrial de Nelson e Winter (1982), como condicionantes efetivos das estratégias das empresas. Mais especificamente, o trabalho de Dosi (1982) possui dificuldades metodológicas significativas em termos de definição dos limites setoriais nos paradigmas e trajetórias tecnológicas. O trabalho de Pavitt (1984) consegue estabelecer identificar os padrões de mudança técnica e a interação tecnológica entre os setores, mas não avança no sentido de entender como estes padrões estabelecem e condicionam as formas de concorrência interna às indústrias. Por fim, o trabalho seminal de Nelson e Winter (1982) traz resultados importantes sobre a concorrência no sentido schumpeteriano, sem, contudo, inserir os diferentes elementos discutidos por Dosi (1982) e Pavitt (1984). Os demais trabalhos apresentados no capítulo envolvem alguns destes temas, mas também não realizam tal integração. A contribuição do conceito de regime tecnológico, a ser desenvolvido no próximo capítulo, é trazer novas possibilidades sobre os padrões setoriais de dinâmica tecnológica e industrial.

3 A ABORDAGEM DE REGIMES TECNOLÓGICOS E SEU MAPEAMENTO PARA O BRASIL

A discussão apresentada no capítulo anterior teve como objetivo dar subsídios para a análise empírica a ser tratada neste capítulo. O suporte teórico-analítico desta dissertação provém dos estudos sobre regimes tecnológicos, cujas principais referências serão tratadas na seção 3.1. Na seção seguinte faz-se uma apresentação dos métodos estatísticos utilizados no trabalho e das fontes de dados. A seção 3.3 faz uma discussão entre os resultados obtidos no trabalho de Marsili e Verspagen (2002) e os do mesmo método aplicado para o Brasil. Dadas as condições singulares da indústria nacional na caracterização de regimes tecnológicos, esta seção também apresenta novas inferências sobre as relações estabelecidas entre processos inovativos e dinâmica industrial. Por fim, a seção 3.4 traz algumas considerações finais sobre limites e possíveis desdobramentos de pesquisa.

3.1 REGIMES TECNOLÓGICOS

A noção de regimes tecnológicos remonta ao trabalho de Nelson e Winter (1982), no qual os autores buscam uma forma de caracterizar diferentes ambientes nos quais as empresas desenvolvem suas atividades inovativas. Conforme já foi apontado no capítulo anterior (seção 2.3), os autores definiram dois regimes de mudança tecnológica: regime de base científica e regime de tecnologia cumulativa. O primeiro tenta descrever um ambiente no qual existem mais oportunidades tecnológicas que podem ser acessadas com maior facilidade, enquanto no segundo, maior esforço é necessário para explorar as oportunidades tecnológicas, pois a inovação sempre ocorre incrementalmente ao nível de produtividade da firma. Sendo assim, no regime de tecnologia cumulativa, o acesso às oportunidades tecnológicas é limitado pelo caráter cumulativo da tecnologia. A discussão colocada pelos dois autores através dos regimes tecnológicos está centrada na questão da estrutura de mercado, que constitui um resultado endógeno ao processo de concorrência schumpeteriano. Em um ambiente de regime de base científica, a concentração de mercado ao longo tempo é marcadamente menor que em um regime de tecnologia cumulativa. Neste regime, o sucesso alimenta o sucesso, de modo que um bom resultado em inovação favorece o crescimento da firma e aumenta as chances de sucesso futuro. No regime de base científica, ao contrário, o crescimento exógeno dos níveis

de produtividade, que podem ser incorporados pelas empresas independentemente do seu nível de produtividade vigente, permite que as empresas possam crescer e alcançar a liderança em qualquer momento, pois o seu resultado de inovação passado não afeta as possibilidades futuras.

O modelo apresentado por Nelson e Winter (1982) parte de condições iniciais determinadas sobre o número de empresas na indústria, que varia entre 2 e 32, e permite que algumas empresas sejam expulsas do mercado conforme a indústria evolui. No entanto, não está definida no modelo a possibilidade de entrada de novas firmas. Winter (1984) introduz ao modelo básico de Nelson e Winter (1982) esta possibilidade, o que permite ampliar a discussão sobre o ambiente tecnológico no qual as empresas atuam. Para se estabelecer um modelo de entrada de firmas, é necessário definir quais as condições em que a entrada acontece. As características do ambiente tecnológico são, neste sentido, muito relevantes. Para inovar, e com isso se inserir na indústria, uma empresa realiza um processo de busca (pela inovação) que pode ocorrer em diferentes fontes. Estas fontes de inovação podem estar disponíveis em graus variados, e isto irá afetar a estratégia de busca adotada pela empresa. Winter (1984) aponta que existem três fontes para a inovação. A primeira é a própria indústria, ou seja, a empresa irá buscar sua inovação entre seus concorrentes, o que significa adotar uma estratégia imitadora. Uma segunda fonte de inovação possível está no ambiente externo e que varia entre dois extremos. Em uma ponta, o processo de busca depende exclusivamente da capacitação interna da empresa, em termos de qualificação do seu pessoal, para poder identificar no ambiente externo, no qual as possibilidades são muitas e variadas, os pedaços de conhecimento que podem ser convertidos em inovações. No outro extremo, o processo de busca depende apenas do ambiente externo, que traz as inovações prontas para a firma na forma de máquinas, equipamentos e insumos, por exemplo, aos quais a empresa precisa fazer apenas pequenas adaptações.

A terceira fonte possível de inovações é a própria empresa, de forma que a busca ocorre internamente através de investimentos na produção de conhecimento para suas atividades, como os laboratórios de P&D das grandes empresas. Em empresas menores e com recursos mais escassos, a fonte de busca interna pode ser a própria “caixa de sugestões” aberta aos funcionários (WINTER, 1984, p. 293). A disponibilidade e o acesso às fontes de inovação diferem entre tecnologias e indústrias, condicionando o processo de busca das empresas. Além disso, em cada indústria existem outros aspectos importantes envolvidos, tais como o grau de dificuldade de imitação, a quantidade de bases de conhecimento relevantes para as rotinas, o grau de transformação entre pesquisa básica em pesquisa aplicada e vice-versa, o

tamanho típico de um projeto de pesquisa, entre outras. Todos estes elementos são importantes tanto na definição de um processo de busca quanto na identificação das possibilidades de inserção de novas firmas neste ambiente. É neste sentido, que Winter (1984) avança no conceito de regime tecnológico, que “[...] characterize the key features of a particular knowledge environment in these various respects [...].” (WINTER, 1984, p. 293).

O texto de Winter (1984) constitui um marco teórico na discussão do conceito de regimes tecnológicos e da importância dos mesmos nas barreiras à entrada em uma indústria. O modelo apresentado pelo autor caracteriza dois regimes tecnológicos, inspirando-se em dois dos livros de Schumpeter¹, *Teoria do Desenvolvimento Econômico* (1982) e *Capitalismo, Socialismo e Democracia* (1984). No primeiro, Schumpeter coloca o empresário como o principal ator para a mudança econômica. Conforme ressalta Winter (1984), o empresário é marcadamente alguém que está fora da indústria e das empresas estabelecidas, representado, portanto, a entrada inovadora que irá mudar as condições de mercado. No segundo, Schumpeter ressalta as vantagens da grande empresa como motor do progresso econômico, de modo que a fonte relevante de inovações é interna à indústria e não externa, de modo que a entrada representa papel marginal. Segundo Winter (1984), Schumpeter apresenta neste livro uma visão melancólica do capitalismo, considerando que a grande empresa tornou o progresso automatizado e enfraqueceu a função do empresário. Contudo, para Winter (1984), estas duas visões são apenas uma contraposição de momentos históricos distintos. Os laboratórios de P&D são uma inovação organizacional para produzir invenções e não tomam o lugar do empresário. Existem setores nos quais os empresários permanecem com sua importância, seja em nichos de mercado, concorrendo diretamente com as grandes empresas ou mesmo atuando em simbiose com as mesmas. A questão que prevalece sobre estas duas visões é o que faz com que os empresários sejam os principais responsáveis pela introdução de inovações no mercado em uma indústria, enquanto em outras, o ator mais importante sejam as grandes empresas. Para o autor, a diferença entre estas duas formas de organização das indústrias pode ser, em parte, traçada através do conceito de regimes tecnológicos.

Desta forma, Winter (1984) utiliza o conceito de regimes tecnológicos para estruturar dois ambientes de busca pela inovação, associados aos livros de Schumpeter – o regime empreendedor e o regime rotinizado – e que irão condicionar o processo de entrada de novas empresas na indústria. Segundo o autor, a fundação de uma indústria sempre irá ocorrer de

¹ A divisão entre os trabalhos de Schumpeter colocada por Winter (1984) também foi utilizada por Malerba e Orsenigo (1996), conforme apresentado no capítulo 2, para a definição de padrões de atividade inovativa *Schumpeter Mark I* e *Schumpeter Mark II*, os quais indicaram características tecnologia-específicas atribuídas aos regimes tecnológicos nos quais se inserem os setores industriais.

forma empreendedora, visto que não há nenhuma firma estabelecida no mercado. Contudo, o processo de desenvolvimento da indústria pode seguir trajetórias distintas. A primeira trajetória apontada pelo autor é que as empresas fundadoras da indústria conseguem manter seu sucesso em inovações, explorando as oportunidades disponíveis. Com isso, não restam possibilidades de inovação para as novas empresas. Outra trajetória possível ocorre quando as empresas fundadoras não conseguem manter seu desempenho inovador, pois possuem dificuldades em ir além das inovações alcançadas. Isto permite que novas empresas identifiquem oportunidades e entrem no mercado, fazendo com que as empresas incumbentes declinem. Este processo se repete quando as novas empresas se prendem à manutenção dos ganhos das inovações obtidas ou não conseguem identificar novas possibilidades, o que abre espaço novamente para as entrantes. A diferença entre estas duas trajetórias pode ser classificada pelas diferenças nas barreiras tecnológicas à entrada, que são altas no primeiro caso e baixas no segundo. Contudo, a explicação para estas diferenças repousam nas características dos regimes tecnológicos.

As empresas estabelecidas terão melhor desempenho inovador quando o ambiente da indústria é favorável às inovações. Um ambiente assim é composto por uma combinação entre oportunidades tecnológicas que crescem ao longo do tempo, seja pelas fontes externas ou internas de inovação, e mecanismos que permitem a apropriação dos ganhos decorrentes da inovação, como segredo industrial, patentes, dificuldade de imitação. Desta forma, o crescimento das empresas será a consequência das inovações bem sucedidas e, ao mesmo tempo, irá contribuir para alcançar outras inovações, desencadeando a trajetória do regime rotinizado. A entrada inovadora, por sua vez, depende de dois elementos relacionados: a exploração de oportunidades específicas – uma idéia inovadora com traços empreendedores – por um ator que tenha disposição para considerar a tentativa de entrada. Não é possível considerar que existe diferença que seja indústria-específica quanto aos atores com disposição para a entrada. No entanto, a identificação de uma idéia inovadora é proporcional ao número de pessoas expostas à base de conhecimento de onde esta idéia pode surgir, sendo que este número pode mudar significativamente entre as indústrias. Conforme Winter (1984), a exposição será maior se a base de conhecimento é genérica e pode ser acessada por qualquer agente que possua maior contato, como os consumidores. Se a base de conhecimento é específica, a exposição depende de quais as atividades na sociedade possuem maior exposição, como atividades do setor público e fornecedores. Outra possibilidade está na capacidade dos trabalhadores da indústria adquirirem ativos que os permitam criar novas firmas. Portanto, quanto maior for a exposição da base de conhecimento que origina as

oportunidades de inovar, mais favorável será o ambiente à atividade inovativa da empresa entrante, caracterizando um regime empreendedor, enquanto o regime rotinizado será mais favorável à atividade inovativa da empresa incumbente.

A diferenciação destes dois regimes no modelo foi feita pelo autor da seguinte forma. A atividade de pesquisa externa (disponibilizada pelo setor público, por exemplo) que é acessada pelas empresas entrantes para inovar é maior no regime empreendedor do que no regime rotinizado, sendo que a probabilidade deste conhecimento ser útil é significativamente menor no primeiro do que no segundo. O efeito destes parâmetros é que no regime empreendedor, o esforço inovativo externo segue um padrão semelhante ao que seria obtido se todas as empresas seguissem a estratégia do fundador da indústria, enquanto no regime rotinizado, a chance de se obter uma inovação seria significativamente menor. Outra diferença estabelecida entre os dois regimes é que o efeito da inovação sobre a técnica da empresa é completamente incorporado no regime empreendedor, enquanto no regime rotinizado é estabelecida uma média entre a nova técnica e a técnica corrente². Desta forma, Uma inovação obtida por um entrante precisa ser muito mais significativa no regime rotinizado do que no regime empreendedor. Além disso, à medida que a indústria evolui, fica mais difícil para as entrantes obterem uma inovação significativa que as permitam alcançar as empresas incumbentes. Os resultados obtidos pelo autor em uma simulação de 40 anos de indústria são ilustrativos: enquanto a idade média das três empresas líderes no regime rotinizado é de 32 anos, no regime empreendedor ela é de cerca de 15 anos.

Outro trabalho relevante para a discussão sobre regimes tecnológicos é o artigo de Malerba e Orsenigo (1993). Estes autores propõem, em uma definição ampla, que os regimes tecnológicos são uma combinação de condições de oportunidade, condições de apropriabilidade, grau de cumulatividade do conhecimento tecnológico e características da base de conhecimento relevante (MALERBA; ORSENIGO, 1993, p. 47). Cada um destes atributos e suas interações já foram amplamente discutidos pela literatura neoschumpeteriana, em especial, o trabalho de Dosi (1988) constitui uma referência bastante abrangente. Neste artigo, Malerba e Orsenigo (1993) se limitam a discutir algumas das dimensões envolvidas, quais sejam, nível e pervasividade das condições de oportunidade; nível da apropriabilidade; cumulatividade em níveis tecnológico e individual, organizacional e da firma; grau de conteúdo tácito e grau de complexidade da base de conhecimento. Alinhado com o trabalho de Malerba e Orsenigo (1993) e em um esforço de sintetizar as dimensões dos

² No caso da empresa entrante, a técnica de referência considerada é a que produz com custo equivalente ao preço máximo (*break even point*). Para mais detalhes sobre o modelo, consulte Winter (1984).

elementos que compõem os regimes tecnológicos, Garcia (2001) elaborou o Quadro 3, apresentado a seguir.

Quadro 3. Dimensões relevantes dos regimes tecnológicos

<p>Oportunidade</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grau - Abrangência/pervasividade - Variedade - Fontes 	<p>Apropriabilidade</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grau - Mecanismos
<p>Cumulatividade</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tecnológica/individual - Firma - Organizacional - Setorial - Locacional 	<p>Base de conhecimento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conteúdo específico/genérico - Conteúdo tácito/codificado - Grau de complexidade/simplicidade - Sistêmico/independente

Fonte: Adaptado de Garcia (2001, p. 148).

As oportunidades tecnológicas serão tão elevadas quanto maiores forem as possibilidades de inovar, dado certo volume de recursos aplicados às atividades inovativas (NELSON; WINTER, 1982; GARCIA, 2001). Desta forma, em condições de elevadas oportunidades, maiores serão os incentivos para inovar. Da mesma forma, quanto maior a pervasividade ou abrangência, maiores as possibilidades da aplicação do conhecimento em outras áreas, aumentando também os incentivos. Os níveis de apropriabilidade refletem o quanto é possível proteger os ganhos da inovação da ação dos imitadores. São diversos os mecanismos de efetivar esta proteção, os quais variam significativamente de acordo com as características da tecnologia. A cumulatividade do conhecimento é tanto maior quanto maior a dependência do conhecimento, das capacitações e das inovações passadas para as inovações futuras. Sendo assim, a cumulatividade pode se estabelecer em diferentes níveis. No nível individual e da tecnologia, a cumulatividade está ligada a especificidades técnicas e à própria natureza do aprendizado. A cumulatividade em nível organizacional indica a importância da estruturação adequada dos processos de aprendizado para adquirir o conhecimento, tal como a constituição de um laboratório de P&D. Se a cumulatividade está estabelecida no nível da firma, o conhecimento adquirido não estará acessível a outras empresas da indústria que não apliquem os mesmos esforços na aquisição de capacitações. A incorporação dos níveis setorial e local contribui para a discussão sobre as aglomerações ou distritos industriais nos quais se desenvolve o conhecimento, inovação e tecnologia de setores através de processos interativos. Tais processos são favorecidos pela proximidade geográfica e não são facilmente

replicados em outros espaços, revelando, desta forma, seu caráter cumulativo. Por fim, existem distintas dimensões referentes às bases de conhecimento. A dimensão tácita/codificada refere-se à facilidade pela qual o conhecimento se difunde, no entanto, é importante destacar que conhecimento codificado pode não ser facilmente adquirido, bem como o conhecimento tácito pode ser difícil (MALERBA; ORSENIGO, 2000), ressaltando-se assim a importância das demais dimensões do conhecimento. A base de conhecimento necessária para a indústria de biotecnologia, por exemplo, conta com grande número de publicações que a codificam em parte. Porém, esta base é composta por grande variedade de disciplinas com conteúdo específico, o que aumenta muito seu grau de complexidade (MALERBA; ORSENIGO, 1993).

Sendo assim, os atributos dos regimes tecnológicos podem contribuir significativamente para a caracterização do ambiente tecnológico de uma indústria. Malerba e Orsenigo (1993) apontam ainda algumas questões entre aspectos dos regimes e padrões de atividades inovativas. Altas condições de apropriabilidade e cumulatividade, por exemplo, estão associadas à alta estabilidade na hierarquia de inovadores líderes, enquanto a facilidade de entrada inovadora em uma indústria está associada a alta oportunidade e baixa cumulatividade. Em outro artigo, Breschi, Malerba e Orsenigo (2000) exploraram mais a relação que pode ser estabelecida entre regimes tecnológicos e padrões de atividades inovativas. Os autores retomam a divisão colocada por Malerba e Orsenigo (1996), já discutida no capítulo anterior, para os padrões de atividade inovativa *Schumpeter Mark I* (SMI) e *Schumpeter Mark II* (SMII). Os estudos empíricos exploratórios de Malerba e Orsenigo (1996) apontaram que os padrões de atividade inovativa diferem sistematicamente entre as classes de tecnologia, e podem ser separados em dois grupos cujas características se aproximam dos padrões SMI e SMII. No primeiro, existe uma ampla população de empresas inovadoras, com grande importância das novas empresas inovadoras e instabilidade na hierarquia das empresas inovadoras, formando um mercado “altamente turbulento”. O segundo padrão, por sua vez, tem as atividades inovativas altamente concentradas em algumas empresas, grande estabilidade na hierarquia de empresas inovadoras e pouca importância das empresas inovadoras entrantes.

Seguindo a inspiração de Winter (1984), Breschi, Malerba e Orsenigo (2000) estabeleceram uma relação entre regimes tecnológicos e os padrões SMI e SMII. Para os autores, o padrão *Schumpeter Mark I* ocorre quando o regime tecnológico possui elevadas oportunidades tecnológicas, baixos níveis de apropriabilidade e cumulatividade, e em sua base de conhecimento prevalecem as ciências aplicadas (específicas) sobre as ciências básicas

(genéricas). O padrão Schumpeter Mark II está relacionado a um regime tecnológico com baixa oportunidade tecnológica, elevado níveis de apropriabilidade e cumulatividade, e sua base de conhecimento está apoiada nas ciências básicas. No entanto, condições de oportunidade tecnológica e apropriabilidade elevadas também podem conduzir a este padrão. Os resultados empíricos encontrados pelos autores corroboraram a hipótese de que existe uma relação entre o padrão de atividade inovativa e o regime tecnológico que caracteriza seu setor industrial, assim como propôs o modelo teórico de Winter (1984).

Outra contribuição interessante de Malerba e Orsenigo (1993) está em traçar as estratégias que podem ser adotadas pelas empresas nas diferentes combinações possíveis entre cada dimensão estes elementos (ver Quadro 4), porém sem inserir as dimensões relativas à base de conhecimento. Em condições de baixa apropriabilidade uma estratégia possível sempre é a imitação. Contudo, se existem alta oportunidade e alta cumulatividade, as empresas podem adotar estratégias de exploração de novas tecnologias com o objetivo de aumentar a apropriabilidade. Quando há alta oportunidade, sendo a cumulatividade alta ou baixa, também é possível explorar tecnologias existentes, fortalecendo também a apropriabilidade. Contudo, se as oportunidades são baixas, assim como a cumulatividade, não há atividade inovativa, e se condições de apropriabilidade forem altas, a atividade inovativa pode ser esporádica. As estratégias de exploração de novas tecnologias podem ser, por exemplo, voltadas para as inovações radicais, enquanto as estratégias de exploração das tecnologias existentes podem voltar-se para as inovações incrementais. Entre as estratégias possíveis para aumentar a apropriabilidade estão busca por manter *lead times* e ampliação de economias de aprendizado. Diante da discussão apresentada pelos autores, é possível confirmar a importância dos regimes tecnológicos como condicionantes das estratégias das empresas, sendo que estes estão diretamente relacionados a setores específicos. As estratégias das empresas são tratadas em sentido amplo, pois mesmo que condicionadas pelo regime tecnológico, permanece certa diversidade de estratégias possíveis, em maior ou menor grau.

Quadro 4. Estratégias tecnológicas básicas

	Alta oportunidade		Baixa oportunidade	
	Alta cumulatividade	Baixa cumulatividade	Alta cumulatividade	Baixa cumulatividade
Alta apropriabilidade	Exploração de novas tecnologias Exploração de tecnologias existentes	Exploração de novas tecnologias	Exploração de tecnologias existentes	Sem atividade inovativa
Baixa apropriabilidade	Exploração de novas tecnologias aumentando apropriabilidade Exploração de tecnologias existentes aumentando apropriabilidade Imitação	Exploração de novas tecnologias aumentando apropriabilidade Imitação	Exploração de tecnologias existentes aumentando apropriabilidade Imitação	Sem atividade inovativa

Fonte: Malerba e Orsenigo (1993, p. 61).

A partir destes resultados, é possível afirmar que os regimes tecnológicos possuem ampla importância na determinação de padrões das atividades inovativas, na formação de agrupamentos³ e nas estratégias das empresas. Portanto, a escolha do conceito de regimes tecnológicos mostra-se bastante adequada para o estudo da relação entre mudança tecnológica e dinâmica industrial, permitindo uma análise da evolução das indústrias sob um enfoque evolucionário, tal como propõe Marsili (2001). Neste trabalho, a autora retoma a relação apontada por Nelson e Winter (1982) na qual as diferenças nos processos de inovação são capazes de explicar os diferentes padrões de estrutura e dinâmica industrial, dado que estes são gerados endogenamente em um processo evolucionário que envolve aprendizado tecnológico e seleção natural no mercado. A autora aprofunda este debate em dois sentidos. O primeiro é composto pela anatomia do processo de inovação nos setores industriais, seguindo uma tipologia que constitui uma das principais referências desta dissertação. O segundo é a

³ Guerrieri e Pietrobelli (2000) exploraram as relações entre proximidade geográfica, regimes tecnológicos e padrões de atividade inovativa *Schumpeter Mark I* e *Schumpeter Mark II*. As condições de SMII estão relacionadas ao conhecimento tecnológico mais tácito, complexo e sistêmico, demandando interações constantes, trocas e relações informais, e concentração de inovadores, tal como ocorre nos distritos industriais italianos. Inversamente, as condições de Schumpeter Mark I permitem maior dispersão geográfica. A difusão das tecnologias de informação e comunicação e a internacionalização das atividades econômicas e tecnológicas aumentam a relevância deste padrão. Nesta visão, as mudanças na tecnologia e na competição global diminuiriam muito o papel tradicional da localização geográfica. Contudo, é reconhecido que a dimensão mais avançada da competição permanece limitada geograficamente e associada ao padrão SMII. A difusão das redes de produção global pode ser entendida como uma inovação organizacional que pode habilitar uma firma a ganhar acesso rápido a capacitações estrangeiras complementares às suas (ERNST, 1998 *apud* GUERRIERI; PIETROBELLI, 2000).

construção de um modelo formal de simulação, indicado no capítulo anterior, que permite identificar as principais diferenças dos processos de inovação caracterizados na taxonomia e seus efeitos sobre a evolução industrial.

O trabalho de Marsili (2001) rompe com a noção de regimes tecnológicos apontada por Malerba e Orsenigo (1993) para retomar a importância da discussão sobre as barreiras tecnológicas à entrada levantada por Winter (1984). Este rompimento deve-se ao fato da análise da autora estar centrada na compreensão do processo de dinâmica da evolução industrial, de modo que o conceito de barreiras tecnológicas à entrada se torna mais relevante do que as condições de apropriabilidade. Esse conceito determina as possibilidades das empresas estabelecidas manterem a vantagem competitiva construída através de inovações em relação à concorrência potencial das empresas entrantes. Sendo assim, o nível de barreira tecnológica à entrada é inversamente relacionado à facilidade de entrada inovadora em uma indústria. O conceito de apropriabilidade, por sua vez, refere-se à capacidade das empresas em proteger suas vantagens competitivas tanto da concorrência interna quanto externa à indústria. Na definição de regimes tecnológicos proposta por Marsili (2001), outras variáveis analisadas são o grau de diversidade entre as firmas, a estrutura dos processos de aprendizado, a natureza da inovação e a complexidade dos produtos e processos de produção.

A importância da exploração da relação entre estrutura e dinâmica industrial através da abordagem de regimes tecnológicos decorre da limitação das abordagens tradicionais sobre o tema na explicação empírica da evolução industrial, conforme aponta a extensa revisão realizada pela autora. As variáveis comumente utilizadas, como medidas de lucratividade e barreiras à entrada de escala e diferenciação, apresentam pouco poder explicativo em comparação com os componentes estocásticos para tratar da entrada de empresas em uma indústria. Em relação à taxa de sobrevivência das firmas, existe uma relação clara em que o risco de sair de um mercado é bastante elevado nos primeiros anos da entrada, mas tende a se reduzir ao longo do tempo. Contudo, o fator mais importante para explicar a taxa de sobrevivência das firmas, conforme aponta a autora, parece ser sua taxa de crescimento, que reflete as capacitações tecnológicas e organizacionais que não são captadas por medidas de tamanho das firmas. Em resumo, a análise da autora aponta que existem diferenças persistentes entre os setores industriais nas taxas de entrada e saída de firmas, na turbulência de mercado e na própria distribuição das firmas por tamanho que não são explicadas pelas medidas tradicionais da literatura. Isto pode ser atribuído, de acordo com a literatura evolucionária, às diferenças nos regimes tecnológicos, pois a dinâmica das estruturas industriais é endógena.

Contudo, existem poucos estudos empíricos que medem os efeitos dos regimes tecnológicos nas variáveis dinâmicas das indústrias, como taxas de entrada, taxas de crescimento, taxas de sobrevivência, turbulência e estrutura de mercado. Entre as poucas evidências empíricas disponíveis, é possível observar que quanto maior o nível de oportunidade, menor é a taxa de sobrevivência das firmas, mas fazem com que taxa de crescimento das firmas que sobrevivem sejam maiores. Se existem economias de escala na atividade inovativa, condições de alta oportunidade estão associadas a menor taxa de entrada. Porém, se não existem estas economias, a taxa de entrada será maior em condições de alta oportunidade tecnológica. Menores taxas de entrada na indústria também estão associadas a regimes tecnológicos nos quais o conhecimento científico é relevante, quando existe elevada incerteza devido a mudanças rápidas nas especificações de novos produtos e quando o papel da pesquisa acadêmica é menor. Em um quadro ilustrativo apresentado a seguir, a autora sintetiza os principais efeitos captados pelos trabalhos empíricos, relacionando alguns atributos dos regimes tecnológicos à dinâmica industrial.

Quadro 5. A influência dos regimes tecnológicos sobre a dinâmica industrial: um resumo

Variável dependente	Oportunidade tecnológica geral	Oportunidade tecnológica para entrantes
Concentração de mercado	+	-
Turbulência de mercado	-	+
Assimetria entre inovadores e não-inovadores	+	-
Probabilidade de sobrevivência no curto prazo	(+)	+
Probabilidade de sobrevivência no longo prazo	-	(-)
Taxa de crescimento de longo prazo	+	+

Fonte: Marsili (2001, p. 51).

Nota da autora: Efeitos entre parênteses não são altamente significantes.

A tipologia de regimes tecnológicos de Marsili (2001) foi construída com o objetivo de contribuir para a interpretação destas relações, e tem entre suas principais referências os artigos de Winter (1984), Pavitt (1984) e Malerba e Orsenigo (1996). Estes trabalhos são referências na discussão sobre as características tecnológicas e inovativas comuns a grupos de indústrias, e respaldam os pressupostos de que, ainda que existam diferenças entre os ambientes institucionais no qual estas indústrias se desenvolvem, tal como abordam os Sistemas Nacionais de Inovação, bem como entre as firmas de uma mesma indústria, os “imperativos tecnológicos”, ou as características indústria-específicas, apresentam persistência sistemática e sustentada derivada de seus regimes tecnológicos. Para a elaboração de sua tipologia, a autora realizou uma extensa análise de indicadores sobre empresas, inovações, e atividades de pesquisa e desenvolvimento que pudessem estar relacionados aos

atributos dos regimes tecnológicos. O trabalho da autora buscou confirmar as características indústria-específica destes indicadores, o que resultou na identificação de cinco regimes tecnológicos: baseado em ciência, processos fundamentais, sistemas complexos de conhecimento, engenharia de produto e processos contínuos, os quais estão sintetizados no Quadro 6. Cada um desses regimes é classificado segundo as diversas características do processo inovativo como condições de oportunidade tecnológica e outras que também estão relacionadas às barreiras tecnológicas à entrada, como persistência da inovação, diversidade entre as empresas e fontes externas de conhecimento.

Os resultados sobre as condições de oportunidade tecnológica, por exemplo, foram obtidos a partir de indicadores sobre gastos com P&D e pessoal ocupado em P&D, representando o insumo da inovação, ou seja, os esforços para inovar através de *learning-by-researching*, bem como os indicadores sobre patentes, que representam o resultado dos esforços inovativos. Estes dados também permitiram discutir características das taxa e direção das inovações, através da observação da pervasividade das tecnologias. Já com relação às barreiras tecnológicas à entrada, a análise envolve a construção de diversos indicadores de concentração de patentes em geral, as registradas por grandes empresas e as registradas por indivíduos, indicadores de intensidade de P&D (gastos de P&D divididos pelo faturamento), além de dados sobre concentração do pessoal de P&D segundo sua área de formação, entre outros. A diversidade de indicadores utilizados busca caracterizar as diferentes origens das barreiras tecnológicas à entrada, que podem surgir em custos, competências, complexidade e em fontes de conhecimento. A caracterização quanto à persistência da inovação, por sua vez, é feita pela mensuração da estabilidade na hierarquia entre empresas e áreas do conhecimento nos indicadores de patentes. Esta hierarquia entre empresas representa também um indicador de cumulatividade em nível de firma, fonte de barreira tecnológica à entrada. A diversidade entre as firmas é obtida através de indicadores de variabilidade nos insumos e produtos da inovação, tal como o desvio padrão, para cada indústria. A análise da autora também coletou dados de pesquisas realizadas com executivos de P&D das empresas, os quais permitiram elaborar indicadores sobre fontes de inovação e relações com a pesquisa acadêmica. O exaustivo esforço de análise empírica apresentado em Marsili (2001) demonstra que os fundamentos utilizados para a construção da tipologia são sólidos, justificando a adoção da mesma como referência sobre a discussão das barreiras tecnológicas à entrada como atributos importantes dos regimes tecnológicos.

Quadro 6. Caracterização dos regimes tecnológicos

Regimes tecnológicos	Oportunidade tecnológica	Barreiras tecnológicas à entrada em conhecimento/escala	Persistência da inovação	Diversidade entre firmas	Diferenciação das bases de conhecimento (principais direções)	Fontes externas de conhecimento	Ligações com a pesquisa acadêmica (campos de conhecimento)	Natureza da inovação	Setores industriais
Baseado em ciência	Alta	Alta (conhecimento)	Alta	Baixa	Baixa (horizontal e à montante, exceto na farmacêutica)	Instituições públicas e joint ventures	Forte e direto (principalmente campos de conhecimento não pervasivos)	Produto	<i>Baseado em ciências da vida:</i> Medicamentos e bioengenharia <i>Baseado em ciências físicas:</i> Computadores Telecomunicações Instrumentos (fotografia e fotocópia)
Processos básicos	Média	Alta (escala)	Alta	Média	Baixa (horizontal e à montante)	Firmas subsidiárias e usuários	Muito importante e direta (ciências básica e aplicada)	Processo	Química Mineração e petróleo
Sistemas complexos	Média	Média/alta	Alta em tecnologia mas não em produtos	Média	Alta (à montante)	Sistema complexo de fontes	Muito importante mas indireta (engenharia)	Produto	Veículos automotores Aeronáutica
Engenharia de produto	Média-alta	Baixa	Média-baixa	Alta	Alta (horizontal e à jusante)	Usuários	Não muito importante (engenharia mecânica pervasiva)	Produto	Máquinas não-elétricas Instrumentos (controles de máquinas, instrumentos mecânicos e elétricos) Produtos fabricados de metal Produtos de borracha e plástico Outras manufaturas
Processos contínuos	Baixa	Baixa	Alta em metalurgia mas não em produtos (i.e. metais), e em materiais de construção Baixa em outros	Alta	Alta (à montante) Baixa em alimentos, bebidas (à montante e horizontal)	Fornecedores Incorporado no capital	Não muito importante (ciência aplicada pervasiva i. e. metalurgia e materiais) Mais importante e direta em alimentos (ciência básica)	Processo	Processos metalúrgicos (metais básicos, materiais de construção) Processos químicos (têxteis, papel e madeira) Alimentos e bebidas (alimentos, bebidas e tabaco)

Fonte: Marsili (2001, p.94-95, tabelas 5.1 e 5.2).

A partir dos indicadores elaborados, a autora classificou as indústrias de acordo com os atributos observados para cada regime tecnológico. O regime baseado em ciência divide-se em ciências da vida, como indústria farmacêutica, e ciências físicas, como as indústrias de computadores e telecomunicações. Ele é caracterizado por elevadas condições de oportunidades tecnológicas, altas barreiras tecnológicas à entrada em conhecimento, existência de baixa diversidade entre as empresas, e a persistência da inovação é elevada. Entre os setores no regime de processos básicos estão as indústrias química e de petróleo, que possuem condições médias de oportunidades tecnológicas, altas barreiras tecnológicas à entrada em escala, a diversidade entre as empresas é média e a persistência da inovação é elevada.

Os setores do regime de sistemas complexos, como as indústrias aeronáutica e automobilística, apresentam condições médias de oportunidades tecnológicas, barreiras tecnológicas à entrada médias em conhecimento e elevadas em escala, a diversidade entre as empresas é média e a persistência da inovação é alta. Indústrias de máquinas não-elétricas, instrumentos, borracha e plásticos são classificadas no regime de engenharia de produto. Este regime possui condições de oportunidade tecnológica que variam entre média e alta, barreiras tecnológicas à entrada baixas, alta diversidade entre as empresas e persistência da inovação entre média e baixa. No regime de processos contínuos estão as indústrias de metalurgia básica, têxtil, papel e alimentos. As condições de oportunidade tecnológica e de barreiras tecnológicas à entrada são baixas, a diversidade entre as empresas é alta e a persistência da inovação é predominantemente baixa.

Apesar dos fortes elementos teóricos envolvidos, a construção da tipologia da autora seguiu uma estratégia do tipo *bottom-up*, pois foi a análise dos indicadores que permitiu a classificação das diferentes indústrias em regimes tecnológicos. Um avanço posterior deste trabalho foi realizado em Marsili e Verspagen (2002), que discute a aplicação empírica dos regimes tecnológicos de Marsili (2001) para a indústria holandesa, seguindo, portanto, uma estratégia *top-down*. Neste artigo, os autores agruparam os setores industriais de acordo com os regimes tecnológicos e buscaram variáveis que pudessem explicar características comuns aos setores dentro de um grupo e divergentes entre os grupos. A utilização da estrutura de regimes tecnológicos proposta por Marsili (2001) permite explorar melhor as relações entre padrões de inovação e dinâmica industrial, superando a análise baseada na distinção entre apenas dois regimes, como *Schumpeter Mark I* e *Schumpeter Mark II*.

Com base nos dados da CIS-2 (*Second Community Innovation Survey*) para a Holanda, e nas estatísticas da EPS (*Enterprise Production Statistics*) e do *Business Register*, fornecidas

pela CBS – agência central de estatísticas da Holanda, Marsili e Verspagen (2002) construíram indicadores para estimar características do processo inovativo e da dinâmica industrial dos setores que compõem cada regime tecnológico. Os autores optaram por instrumentos de estatística multivariada, neste caso, análise de componentes principais e análise discriminante. Desta forma, a parte empírica do artigo se divide em duas partes: a primeira, que prepara alguns indicadores através da análise de componentes principais, e a segunda, que utiliza os indicadores da primeira e faz os testes de ajuste dos setores aos regimes tecnológicos através da análise discriminante. Os resultados⁴ obtidos confirmaram a identificação dos regimes tecnológicos, de modo que é possível estabelecer uma correspondência significativa entre as indústrias propostas na tipologia de regimes tecnológicos e as evidências empíricas obtidas a partir da indústria holandesa.

Trabalhos como o de Viotti (2001) e Gonçalves e Simões (2005) reforçam que as tipologias de padrões de atividade inovativa e indicadores de ciência e tecnologia são formulados a partir dos resultados observados nos países desenvolvidos, de modo que a correspondência a ser estabelecida está longe de ser automática. Contudo, ainda que de formas distintas dos países desenvolvidos, existem padrões setoriais estabelecidos nos países em desenvolvimento segundo suas características próprias de inovação tecnológica e de industrialização. Apesar de mais abrangente que outros trabalhos sobre dinâmica tecnológica e industrial, a tipologia desenvolvida por Marsili (2001) segue os resultados observados para os países desenvolvidos, e desta forma, possui as mesmas limitações para a análise dos indicadores dos países em desenvolvimento. Contudo, o esforço de análise comparativa dos resultados permanece válido, principalmente por esta maior abrangência, pois esta permite traçar diferenças nos regimes tecnológicos dos setores industriais de forma mais objetiva. A busca pela melhor compreensão dos processos de aprendizado tecnológico que se desenvolvem nos países em desenvolvimento passa também pela comparação desta análise à realidade dos países desenvolvidos. O trabalho de Marsili e Verspagen (2002) é muito interessante neste sentido, pois a metodologia utilizada permite sua aplicação para os países em desenvolvimento que possuem pesquisas de inovação tecnológica baseadas no Manual Oslo, tal como são a CIS, na Europa e a PINTEC, no Brasil. Os resultados apresentados nesta dissertação têm como objetivo trazer algumas questões para este debate.

⁴ A discussão dos resultados obtidos em cada uma destas partes será realizada na seção 3.4, em conjunto com os resultados para o caso brasileiro.

3.2 METODOLOGIA

A partir da breve discussão teórica sobre tecnologia e dinâmica industrial apresentada, considera-se que a abordagem de regimes tecnológicos constitui-se num recurso teórico e analítico interessante para se detectar e abordar as semelhanças e diferenças inter-setoriais de estruturas industriais e, portanto, pode contribuir para a identificação e apreensão de suas características produtivas e inovativas mais relevantes. Em especial, a estrutura de regimes tecnológicos proposta por Marsili (2001) constitui-se numa das referências empíricas e analíticas das mais abrangentes entre os trabalhos desta linhagem. Utilizando essa mesma referência, alguns trabalhos empíricos já procuraram identificar regimes tecnológicos de Marsili (2001) para a indústria holandesa (MARSILI; VERSPAGEN, 2001, 2002). No artigo de Marsili e Verspagen (2001) foram utilizadas técnicas univariadas com o objetivo de verificar se as médias de indicadores tecnológicos diferem entre os grupos setoriais formados pelos regimes tecnológicos. Em alguns indicadores, como os de fontes de conhecimento tecnológico e da natureza de processos de aprendizado, não foi possível identificar diferenças significativas. No entanto, os indicadores de propriedades dos processos inovativos permitiram a identificação de características próprias dos regimes tecnológicos, como as diferentes combinações de cumulatividade e oportunidade tecnológica para os regimes de processos básicos e baseado em ciência. Em um trabalho posterior (MARSILI; VERSPAGEN, 2002), os autores buscaram superar os problemas decorrentes do uso de métodos univariados, que testam as variáveis isoladamente. Neste artigo, foram utilizados métodos de estatística multivariada com o objetivo de permitir mais interação entre as variáveis na caracterização dos regimes. Além disso, um dos métodos utilizados buscou identificar quais as variáveis mais relevantes para se distinguir os regimes tecnológicos. Nesta segunda tentativa, os resultados foram considerados melhores, e o percentual de classificação dos setores industriais de acordo com a literatura de regimes tecnológicos alcançou 75%.

Nessa perspectiva é que se insere a proposta empírico-analítica desta dissertação. Busca-se verificar em que medida (e/ou em quais especificidades) a caracterização e o comportamento dos setores industriais propostos por Marsili (2001) podem ser encontrados na estrutura industrial brasileira. Espera-se que os resultados dessa investigação poderão indicar o grau de similaridade da caracterização e do comportamento dos setores industriais brasileiros frente aos padrões apontados pela literatura internacional. Se o grau de similaridade for relativamente alto, pode-se supor que, na indústria brasileira, foram internalizados processos de aprendizado tecnológico e de geração de inovação relativamente

importante, ainda que em nível inferior ao dos países desenvolvidos. Contudo, se o grau de similaridade for relativamente baixo, é possível que a dinâmica tecnológica e industrial brasileira tenha características próprias, de modo que o comportamento dos setores siga padrões distintos dos que são propostos pela abordagem de regimes tecnológicos, em geral de países desenvolvidos.

A metodologia para a análise empírica dos regimes tecnológicos da indústria brasileira foi realizada em duas etapas. Em uma primeira análise, adotaram-se os mesmos procedimentos utilizados por Marsili e Verspagen (2002), quais sejam, a análise de componentes principais e a análise discriminante, pois se considera que os métodos multivariados são mais adequados ao tema em estudo. Algumas adaptações foram necessárias, no entanto, devido às diferenças entre os dados obtidos para o Brasil e os utilizados pelos autores no caso holandês. Os resultados são apresentados juntamente com a discussão dos resultados de Marsili e Verspagen (2002), na primeira parte da seção 3.3. Contudo, estes resultados não foram considerados suficientes para os objetivos do trabalho, de modo que foi aplicado um segundo procedimento empírico. Nesta segunda análise, foi incluído um terceiro método – a análise de agrupamentos (*cluster*) – para que fosse possível verificar que, se não existem correspondências evidentes entre as características dos setores industriais brasileiros e as dos regimes tecnológicos propostos pela literatura, quais seriam os padrões que podem ser identificados. Além desta definição da proposta metodológica do trabalho, esta seção é composta de mais duas partes. A primeira faz uma síntese dos pontos mais relevantes dos métodos estatísticos utilizados. A segunda descreve as fontes dos dados utilizados no trabalho.

3.2.1 Análise estatística multivariada

A análise estatística multivariada é formada por um conjunto de técnicas que permitem o estudo de relações complexas entre mais de duas variáveis. Estas técnicas podem ser utilizadas para fins exploratórios, de agrupamento, de determinação de dependência, entre outros. Os métodos da estatística multivariada utilizados por Marsili e Verspagen (2002) foram análise de componentes principais e análise discriminante. Para a avaliação dos regimes tecnológicos para o caso brasileiro utilizou-se, além destes métodos, a análise de agrupamentos (*cluster*). Um traço comum entre estes três métodos é que as variáveis não são testadas isoladamente, permitindo maior interação. Considera-se desta forma, que tais procedimentos são bastante adequados para uma análise exploratória de padrões de atividades

inovativa e dinâmica industrial, que são temas complexos e que requerem a utilização conjunta de diversas variáveis a fim de captar, ainda que parcialmente, suas principais características.

3.2.1.1 Análise de componentes principais

A análise de componentes principais é uma das técnicas da análise multivariada utilizada para reduzir e resumir um conjunto de variáveis, de modo a facilitar a interpretação das mesmas. O objetivo da análise de componentes principais é permitir o resumo de p variáveis originais que são correlacionadas em k componentes principais, sendo $k \leq p$. Estes k componentes principais são capazes de responder por parte significativa da variância total das variáveis originais e não apresentam correlação entre si. Os k componentes principais podem ser construídos a partir da matriz de correlação ou da matriz de covariância das variáveis originais, através de uma combinação linear destas variáveis.

Quanto maior a correlação entre as variáveis, maior será a proporção da variância total destas variáveis possível de ser explicada com poucos componentes principais. Segundo Hair e Anderson (2005), é interessante que as variáveis tenham correlação igual ou maior que 0,30. Existem alguns métodos que podem ser aplicados para verificar a adequação da matriz de correlação dos dados. Um deles é o teste Bartlett de esferecidade, que testa se a matriz de correlação é igual ou não à matriz identidade. O indicador Kaise-Meyer-Olkin (KMO) compara as correlações observadas nas variáveis em relação às correlações parciais, enquanto a *Measure of Sampling Adequacy* (MSA) é um indicador semelhante calculado para cada variável.

O modelo teórico da análise de componentes principais pode ser apresentado da seguinte forma. Sejam \mathbf{Y}_1 o vetor dos escores do primeiro componente principal, \mathbf{B}_1 o vetor de coeficientes que geram o componente principal e \mathbf{X} a matriz das p variáveis originais observadas em uma amostra de tamanho n , tem-se:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{np} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix}$$

Ou

$$\mathbf{Y}_1 = \mathbf{X}\mathbf{B}_1$$

Considerando que \mathbf{S} é a matriz de covariâncias de \mathbf{X} , a matriz de covariâncias de \mathbf{Y} será:

$$\text{Var}(\mathbf{Y}_1) = \mathbf{B}_1' \mathbf{S} \mathbf{B}_1$$

Deseja-se que o primeiro componente principal \mathbf{Y}_1 possua a maior variância possível, e o segundo componente principal possua a segunda maior variância, e assim por diante. Para que esta variância não cresça infinitamente através da multiplicação dos coeficientes por um escalar, adota-se a seguinte restrição para o vetor \mathbf{B}_1 :

$$\mathbf{B}_1' \mathbf{B}_1 = 1$$

Ou seja, que a soma do quadrado dos coeficientes deve ser igual a um. Com esta restrição, a variância total dos componentes principais será igual à variância total das variáveis observadas. A construção do componente principal \mathbf{Y}_1 ocorre através do seguinte problema de maximização:

$$\begin{aligned} \text{Max } & \mathbf{B}_1' \mathbf{S} \mathbf{B}_1 \\ \text{s.a } & \mathbf{B}_1' \mathbf{B}_1 = 1 \end{aligned}$$

Da mesma forma como no Cálculo com escalares, a solução para este problema de maximização pode ser realizada através do método de Lagrange. Utilizando λ como o operador de Lagrange, a equação a ser resolvida passa a ser:

$$\mathcal{L} = \mathbf{B}_1' \mathbf{S} \mathbf{B}_1 - \lambda (\mathbf{B}_1' \mathbf{B}_1 - 1)$$

A partir desta equação, obtêm-se as derivadas parciais cujas equações são igualadas a zero⁵, de modo a encontrar as raízes de λ . Simplificando, a equação torna-se:

$$(\mathbf{S} - \lambda \mathbf{I}) \mathbf{B}_1 = 0$$

Para que esta equação não tenha a solução trivial $\mathbf{B}_1 = 0$, o determinante de $(\mathbf{S} - \lambda \mathbf{I})$ deve ser igual a zero, o que constitui o mesmo procedimento adotado para se encontrar os autovalores e os autovetores associados à matriz de covariâncias \mathbf{S} . Sendo assim, os coeficientes β que formam os componentes principais são obtidos a partir da matriz de covariâncias \mathbf{S} , pois λ são os autovalores de \mathbf{S} e \mathbf{B} os autovetores associados. Para cada autovalor de λ , temos um autovetor \mathbf{B} .

O vetor \mathbf{B} associado ao maior valor de λ gera o primeiro componente principal. Isto porque o valor de λ constitui a variância que este componente é capaz de explicar, e o primeiro componente deve explicar a maior variância possível. Esta propriedade decorre do

⁵ Para uma explicação detalhada, consulte Bolchi e Huang (1974).

fato de que o traço da matriz $\lambda\mathbf{I}$ é a variância total de \mathbf{S} . Sendo assim, os autovalores ordenados $\lambda_1 \leq \lambda_2 \leq \dots \leq \lambda_p$ possuem os p autovetores \mathbf{B} associados, os quais geram os p componentes principais \mathbf{Y} , sendo \mathbf{Y}_1 o que explica a maior proporção da variância de \mathbf{X} , e \mathbf{Y}_p o que explica a menor proporção.

Quando calculados a partir da matriz de covariâncias, os componentes principais sofrem a influência das variáveis que possuem maior variância, especialmente quando as diferenças na escala de medida são significativas. Quando não há interesse que esta influência ocorra, as variáveis de \mathbf{X} podem ser padronizadas antes de se estimar os componentes principais. Este procedimento equivale a extrair componentes principais a partir da matriz de correlação. Os resultados obtidos a partir da matriz de correlação serão diferentes dos obtidos a partir da matriz de covariâncias, e a opção por um dos métodos depende do pesquisador.

Geometricamente, a análise de componentes principais pode ser entendida conforme a Figura 3. Sejam X_1 e X_2 as variáveis observadas em uma amostra, os componentes principais serão os novos eixos Y_1 e Y_2 . O eixo Y_1 posiciona-se na direção de maior variância da amostra, e constitui o primeiro componente principal. O segundo componente será o eixo Y_2 , que responde pela variância remanescente e é ortogonal ao eixo Y_1 . Desta forma, Y_1 e Y_2 representam a variância total de X_1 e X_2 , e não são correlacionados. Por representar a maior variância possível, Y_1 pode ser utilizado como um indicador que representa o resumo das variáveis X_1 e X_2 .

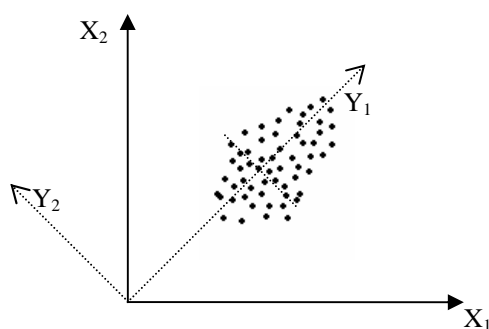


Figura 3. Representação gráfica da análise de componentes principais

Fonte: Adaptação de Aczel (1993, p.805).

O mesmo procedimento é adotado para casos com mais de duas variáveis, no entanto sua representação é mais difícil. O primeiro componente principal será o eixo que responder pela maior variância, o segundo componente será o de segunda maior variância e ortogonal ao primeiro, e assim sucessivamente. Para uma amostra com p variáveis, é possível obter p

componentes principais não correlacionados. No entanto, como o objetivo da análise é resumir as variáveis em estudo, escolhem-se apenas os k componentes mais representativos. Os critérios de escolha do número de componentes a serem extraídos dependem da opção do pesquisador. Uma opção é o critério da raiz latente, no qual são extraídos apenas os componentes de autovalor maior ou igual a um, o que significa que ele responde pela variância total de ao menos uma das variáveis em análise. Outro procedimento que pode ser adotado é o teste *scree*, no qual se constrói um gráfico com o valor dos autovalores e o seu número conforme a ordem de extração. O corte para determinar o número de componentes a serem extraídos ocorre no ponto em que o gráfico torna-se horizontal. Por fim, o pesquisador pode estabelecer um critério *a priori* para o número de fatores a serem extraídos, de acordo com os seus objetivos de pesquisa (HAIR; ANDERSON, 2005).

Os fatores (componentes principais) obtidos são chamados de matriz fatorial não rotacionada, e seus resultados podem ser avaliados diretamente. No entanto, procedimentos de rotação dos fatores são comumente utilizados a fim de facilitar a sua interpretação. Nas rotações ortogonais, os fatores permanecem não correlacionados, enquanto nas oblíquas isso pode acontecer, apesar de aumentar a significância dos fatores. As rotações ortogonais são as mais comumente utilizadas, em especial, a rotação do tipo VARIMAX, que realiza uma simplificação das colunas da matriz de fatores de modo a fazer com que cada fator torne-se mais representativo. Na Figura 4 podemos verificar as cargas fatoriais das variáveis em dois nos dois fatores Y_1 e Y_2 . Nos eixos não rotacionados (linhas preenchidas), Y_1 possui maior correlação com as variáveis V_1 e V_3 , enquanto o fator Y_2 tem maior correlação com as variáveis V_2 , V_4 e V_5 . A rotação dos fatores (linhas tracejadas) torna esta interpretação dos resultados mais fácil.

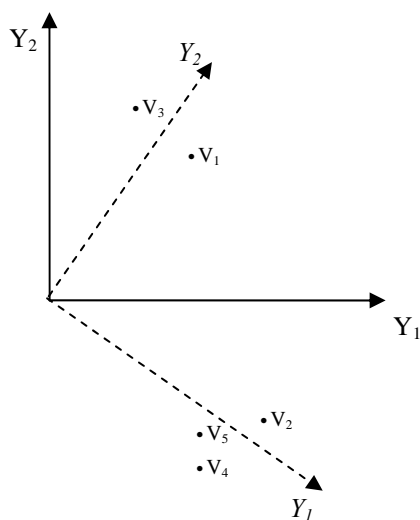


Figura 4. Representação gráfica da rotação ortogonal de fatores

Fonte: Adaptação de Hair e Anderson (2005, p.104).

É importante ressaltar que a análise de componentes principais possui um modelo teórico bastante distinto da análise fatorial, apesar de ambas terem como resultado uma redução do número de variáveis em estudo. Na análise fatorial busca-se encontrar um fator que está latente entre as variáveis da amostra. Para isso, estima-se a variância comum entre as variáveis, que são chamadas de comunalidades⁶ e serão inseridas na matriz de covariância ou de correlação antes do cálculo da matriz fatorial. Por isto, o cálculo dos fatores na análise fatorial não tem solução determinada, e seu resultado será obtido através de um método iterativo. Este modelo de análise pode ser aplicado, por exemplo, às notas de uma mesma turma de alunos para diferentes disciplinas. Os fatores encontrados poderiam formar indicadores de inteligência, aptidão para determinadas áreas, etc. Como os fatores em si tornam-se mais do que um resumo dos dados, diversos tipos de rotação podem ser aplicados para se obter respostas mais adequadas.

Na análise de componentes principais, o resultado obtido através dos fatores é a melhor combinação linear possível para representar as variáveis originais, sem esperar que eles representem algo que possa estar implícito nas mesmas. Não há estimativa para as comunalidades, pois o objetivo é explicar a variância total, de modo que o valor da diagonal principal da matriz fatorial é um. As duas análises podem ser realizadas pelo *software* SPSS – *Statistical Package for Social Sciences*, e estão inclusas dentro do mesmo *menu* de opções. Assim como o SPSS, outros softwares colocam a análise de componentes principais como uma variação da análise fatorial. Além disso, é muito comum a adoção da mesma nomenclatura (fatores e escores) para os dois métodos. Por estes motivos, os dois tipos de análise acabam sendo confundidos, apesar de possuírem modelos teóricos distintos.

3.2.1.2 Análise discriminante

Entre as técnicas da estatística multivariada utilizados para a classificação e distribuição de elementos em grupos está a análise discriminante. A análise discriminante é utilizada quando os grupos que separam os elementos da amostra ou população são conhecidos *a priori*. A partir dos dados referentes aos elementos de cada grupo é possível elaborar uma função de discriminação, a qual irá definir se os elementos estão classificados no grupo previsto ou a qual grupo pertence um novo elemento. Para tornar mais simples a exposição da metodologia da análise discriminante, adota-se aqui a discriminação para dois

⁶ No SPSS, a comunalidade de uma variável é o R^2 de uma regressão das demais variáveis em análise para sua explicação. Na extração de componentes principais, o valor atribuído às comunalidades é 1 (NORUSIS, 1994).

grupos. A função de discriminação deve minimizar o erro de se classificar um elemento no grupo A, sendo que ele pertence ao grupo B, e vice-versa. Essa possibilidade de erro será menor tanto quanto for menor a área de intersecção entre a distribuição de probabilidade dos dois grupos (MINGOTI, 2005).

Considere a variável aleatória X em duas populações (grupo A e grupo B) com distribuição normal e com variâncias iguais. Também deve-se supor que as probabilidades de classificação *a priori* dos elementos e o custo associado do erro na classificação sejam os mesmos para as duas populações (JOHNSON; WICHERN, 1998). Neste caso, uma forma possível de discriminar os dois grupos é montar a razão de verosimilhança, dividindo a função de densidade de probabilidade de A pela de B (MINGOTI, 2005):

$$\lambda(x) = \frac{\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_A}{\sigma}\right)^2\right\}}{\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu_B}{\sigma}\right)^2\right\}} = \exp\left\{-\frac{1}{2}\left[\left(\frac{x-\mu_A}{\sigma}\right)^2 - \left(\frac{x-\mu_B}{\sigma}\right)^2\right]\right\}$$

Para cada valor de X, se $\lambda(x)$ for maior que 1, o elemento deve ser classificado como pertencente ao grupo A. Se $\lambda(x)$ for menor que 1, o elemento deve ser classificado como pertencente a B. Quando é igual a um, o elemento tem a mesma probabilidade para ser classificado tanto em A como em B, de modo que apenas a variável X não é suficiente para a classificação. Isto decorre do fato de que a distância deste elemento em relação às médias do grupo A e do grupo B serem idênticas. A função acima pode ser transformada extraindo o logaritmo neperiano e multiplicando este por -2, o que a coloca em termos semelhantes às distâncias euclidianas em relação às médias dos grupos A e B.

$$-2 \ln \lambda(x) = \left(\frac{x-\mu_A}{\sigma}\right)^2 - \left(\frac{x-\mu_B}{\sigma}\right)^2 = \frac{1}{\sigma^2} \left[(x-\mu_A)^2 - (x-\mu_B)^2 \right]$$

Desta forma, quando $-2 \ln(\lambda(x))$ for maior que zero, o elemento pertence ao grupo A, e quando for menor que zero, pertence ao grupo B. É possível estender a regra de classificação para p variáveis observadas para cada elemento, de modo que cada elemento de X é composto por $x = (x_1, \dots, x_p)$. Sendo assim, a função discriminante pode ser escrita como:

$$-2 \ln \lambda(x) = (x - \mu_A)' \Sigma^{-1} (x - \mu_A) - (x - \mu_B)' \Sigma^{-1} (x - \mu_B)$$

Segundo Mingoti (2005), esta função equivale à função discriminante de Fisher (1936, 1938). Conforme apontam Jonhson e Wichern (1998), Fisher coloca que se pode criar uma combinação linear λ , a partir das p variáveis observadas em uma amostra \mathbf{X} , de modo que os valores de λ para os grupos A e B sejam os mais diferentes possíveis. Para utilizar a função de discriminação de Fisher não é necessário supor que as distribuições das populações sejam normais, mas existe a suposição implícita de que as matrizes de covariância são iguais, pois uma matriz de covariância conjunta é utilizada para calcular os valores de λ (JONHSON; WICHERN, 1998).

Sejam \mathbf{a} o vetor dos pesos que forma função de combinação linear discriminante, \mathbf{X} a matriz das p variáveis originais observadas em uma amostra de tamanho n e Λ o vetor dos escores da função que discrimina \mathbf{X} entre os grupos A e B, tem-se:

$$\begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{np} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_p \end{bmatrix}$$

Ou

$$\Lambda = \mathbf{X}\mathbf{a}$$

Considera-se ainda que, sendo S_A a matriz de covariância do grupo A e S_B a matriz de covariância do grupo B, a matriz de covariância conjunta dos grupos A e B de \mathbf{X} é estimada por:

$$S = \left[\frac{n_A - 1}{(n_A - 1) + (n_B - 1)} \right] S_A + \left[\frac{n_B - 1}{(n_A - 1) + (n_B - 1)} \right] S_B$$

De modo que a variância de Λ é:

$$s_{\Lambda}^2 = \mathbf{a}'\mathbf{S}\mathbf{a}$$

Para se obter os valores de \mathbf{a} , busca-se maximizar a distância entre as médias dos grupos A e B, quais sejam $\bar{\lambda}_A$ e $\bar{\lambda}_B$, tendo a menor variância conjunta possível. Sendo assim, o problema de maximização pode ser escrito como:

$$\text{Max} \frac{(\bar{\lambda}_A - \bar{\lambda}_B)^2}{s_{\Lambda}^2}, \text{ cuja solução, conforme Johnson e Wichern (1998, p. 83, p. 662), é a}$$

distância máxima entre as médias (distância de Mahalanobis) dada por:

$$D^2 = (\bar{X}_A - \bar{X}_B)' S^{-1} (\bar{X}_A - \bar{X}_B), \text{ e sendo assim, temos}$$

$$\mathbf{a} = S^{-1} (\bar{X}_A - \bar{X}_B) \quad \text{e} \quad \Lambda = \mathbf{X} S^{-1} (\bar{X}_A - \bar{X}_B)$$

Alguns autores colocam que os pressupostos da análise discriminante são: distribuição normal multivariada dos dados, as matrizes de covariância de cada grupo são homogêneas e ausência de multicolinearidade entre as variáveis. Como não é possível avaliar a normalidade multivariada, considera-se suficiente que se cada variável tenha distribuição normal. Um teste utilizado para verificar a homogeneidade das matrizes de covariância é o M de Box. Conforme Maroco (2003), a análise discriminante é uma técnica robusta em relação a violações dos pressupostos, desde que o número de variáveis não seja maior do que o número de elementos no menor dos grupos.

Definidas as funções discriminantes, pode-se calcular os escores λ para todos elementos amostrais. A média dos escores dentro de um grupo é chamada de centróide. Cada grupo possui um centróide, que representa o elemento típico do grupo. Na análise discriminante, a variável dependente é categórica, ou seja, um dos grupos definidos *a priori* enquanto as variáveis independentes são métricas. Existem duas formas de estimação disponíveis para a análise discriminante: estimação simultânea e *stepwise*. Na estimação simultânea, todas as variáveis independentes são utilizadas para estimar a função discriminante. Na forma *stepwise* cada uma das variáveis independentes é acrescentada na função discriminante individualmente. A variável que tiver maior significância, segundo o valor do teste F, por exemplo, permanece, e passa-se a buscar a segunda variável de maior significância, testando novamente, uma a uma, as demais variáveis, e assim por diante até que não existam mais variáveis significativas para acrescentar no modelo. O critério de significância para a entrada e saída de variáveis é definido pelo pesquisador, bem como o método utilizado, que pode seguir o D^2 de Mahalanobis, o λ de Wilks, entre outros.

A avaliação dos resultados obtidos pode ser feita a partir do teste de diferença entre os centróides, de modo a verificar se existem diferenças significativas entre os grupos. Outra forma de avaliação dos resultados é a razão de sucesso, que mede o percentual de elementos corretamente classificados. De forma semelhante é feito o teste de validação cruzada (também conhecido como método de Lachenbruch ou *pseudo-jackknife*), no qual se retira um elemento da amostra e estima-se a função de discriminação com os demais, a fim de classificar este elemento que ficou fora da estimação. O procedimento é repetido para todos os elementos da amostra e o resultado é o percentual de acertos da classificação.

3.2.1.3 Análise de agrupamentos (*cluster*)

Assim como a análise discriminante, a análise de agrupamentos é utilizada quando se deseja classificar elementos em grupos. No entanto, neste caso, não é necessário que se saiba *a priori* qual a classificação entre os grupos dos elementos da amostra ou população. A partir de medidas de semelhança e diferença, a análise de agrupamentos une os elementos mais próximos e forma os grupos de acordo com as distâncias observadas entre eles. Uma das medidas que pode ser utilizada para estabelecer os grupos é a distância euclidiana, que é o comprimento da reta que une duas observações em um espaço com p dimensões (MAROCO, 2003). Sendo assim, a distância euclidiana entre os elementos i e j será de:

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

Os métodos disponíveis para a análise de agrupamentos são de dois tipos: hierárquicos e não-hierárquicos. Nos métodos hierárquicos, o procedimento inicia com cada um dos elementos da amostra constituindo um grupo. Em uma amostra com n elementos haverá, portanto, n grupos. Em cada etapa um par de grupos se une formando um novo grupo, e assim sucessivamente, até que todos os grupos se unem em um só. O processo de agrupamentos pelo método hierárquico pode ser visualizado através de um dendograma, conforme a Figura 5. A medida da distância entre os grupos pode ser a distância euclidiana, o quadrado da distância euclidiana, a distância de Malahanobis, entre outras medidas. A definição do número de grupos a serem utilizados fica a critério do pesquisador, que pode utilizar como referência a distância apresentada no próprio dendograma, uma relação entre o número de grupos e a distância entre eles, ou ainda a distância entre os grupos dividida pela distância total, que constitui uma medida semelhante ao R^2 (MAROCO, 2003; MINGOTI, 2005).

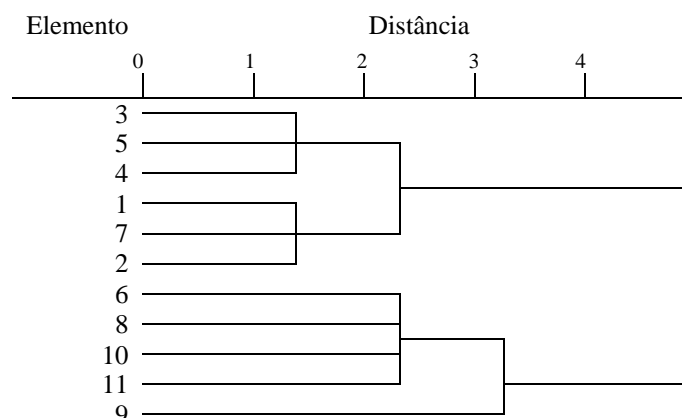


Figura 5. Dendrograma de um agrupamento hierárquico

Fonte: Adaptado de Maroco (2003) e Mingoti (2005).

No método hierárquico, o agrupamento definido em cada etapa será respeitado até o final da análise, de modo os elementos que já foram unidos não serão mais separados. Nos métodos não hierárquicos, esta restrição não ocorre, reduzindo o erro de classificação do elemento em um grupo inadequado. Contudo, é necessário que o pesquisador defina *a priori* quantos grupos devem ser formados. O procedimento mais utilizado nos métodos não hierárquicos é o *k-means*. Neste procedimento são escolhidos centróides que servem de referência para cada grupo. O elemento será atribuído ao grupo cuja distância em relação ao centróide do grupo for menor. Em geral, utiliza-se a distância euclidiana, sendo que o cálculo do centróide de cada grupo é refeito com a adição de um novo elemento. Como o processo é iterativo, os elementos podem ser realocados, de modo que o processo só se encerra quando todos os elementos estão classificados adequadamente em seus grupos (MAROCO, 2003; MINGOTI, 2005).

Uma decisão muito importante no método de *k-means* é a definição dos centróides iniciais, também chamados de “sementes”. Os *softwares* estatísticos usam como padrão os *k* primeiros elementos da amostra como sementes da análise de agrupamento, o que nem sempre gera o melhor resultado. No entanto, é possível definir quais serão os centróides iniciais seguindo alguns critérios, tais como: selecionar os elementos mais discrepantes da amostra, fazer uma amostragem aleatória simples e sem reposição, calcular as médias dos grupos formados em métodos hierárquicos ou a própria definição dos centróides pelo próprio pesquisador, com o intuito de validar uma solução prévia (MINGOTI, 2005). Como a análise de agrupamentos busca simplesmente reunir elementos homogêneos, é interessante utilizá-la em conjunto com outras análises, como a discriminante, que permite testar as probabilidades de ajuste dos grupos (MAROCO, 2003).

3.2.2 Descrição e fonte dos dados

Os dados coletados por Marsili e Verspagen (2002) se referem a 64 grupos de setores de atividade econômica elaborados a partir da classificação SIC (*Standard Industrial Classification*), com o nível de agregação variando de 4 a 2 dígitos. Cada um destes 64 grupos⁷ foi classificado em um dos regimes tecnológicos de Marsili (1999, 2001). Os autores coletaram dados referentes a duas bases: uma sobre tecnologia e inovação, e outra sobre dinâmica industrial e estrutura de mercado. As fontes destes dados são as pesquisas CIS-2 (*Second Community Innovation Survey*) para a Holanda, cujo período de referência é 1994-1996, a EPS (*Enterprise Production Statistics*) e a *Business Register*, para as quais foram extraídos dados para os anos de 1993 e 1997, sendo todos dados disponibilizados pela CBS – agência central de estatísticas da Holanda.

Para a aplicação da metodologia no caso brasileiro, foram coletados dados para os setores da Classificação Nacional das Atividades Econômicas - CNAE para seções C (indústrias extrativas) e D (indústrias de transformação), para o nível de agregação de três dígitos, que formam 110 grupos de atividade econômica⁸. Estes grupos também foram classificados *a priori* nos regimes tecnológicos de Marsili (2001), conforme o Anexo. As pesquisas das quais foram extraídos os dados foram a PINTEC⁹ e a PIA, da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, e o Relatório Anual de Informações Sociais – RAIS, do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE. Os dados foram disponibilizados através de parceria com o IPEA, cuja consultoria estatística fez o processamento dos microdados. Os dados referem-se sempre ao ano de 2003¹⁰, que é o ano de referência da PINTEC 2001-2003. A descrição de todas as variáveis utilizadas encontra-se nos quadros a seguir.

⁷ A classificação dos grupos de atividade econômica está disponível no Apêndice de Marsili e Verspagen (2002).

⁸ O grupo CNAE 23.3 – Elaboração de combustíveis nucleares foi excluído da análise, pois nenhuma das variáveis coletadas estava disponível.

⁹ Ressalta-se que o conceito de inovação adotado pela PINTEC é bastante amplo, pois se considera inovação qualquer produto/processo novo ou substancialmente aprimorado para a empresa ou para o mercado nacional.

¹⁰ A exceção é a taxa de entrada de empresas, que para os setores nos quais não havia dados em 2003, foram usados valores de 2002 ou 2001.

Quadro 7. Variáveis sobre tecnologia e inovação

(continua)

Variável	Descrição	Fonte
POPED	Pessoas em atividade de P&D sobre total de pessoal ocupado da amostra	PINTEC
PERCINOV	Percentual de firmas que inovaram entre o total de empresas	PINTEC
RECINOV	Média da participação percentual dos produtos inovadores na receita líquida de vendas ¹	PINTEC
INOVPROD	Percentual de firmas que inovaram em produto entre as firmas inovadoras	PINTEC
INOVPROC	Percentual de firmas que inovaram em processo entre as firmas inovadoras	PINTEC
INFOPED	Percentual de firmas que consideram a fonte de informação interna Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
INFOFIRM	Percentual de firmas que consideram a fonte de informação interna Outras áreas com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
INFOSUBS	Percentual de firmas que consideram a fonte de informação externa Outras empresas do grupo com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
INFOFORN	Percentual de firmas que consideram a fonte de informação externa Fornecedores com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
INFOCLI	Percentual de firmas que consideram a fonte de informação externa Clientes ou consumidores com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
INFOCONC	Percentual de firmas que consideram a fonte de informação externa Concorrentes com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
INFOCONS	Percentual de firmas que consideram a fonte de informação externa Empresas de consultoria e consultores independentes com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
INFOUNI	Percentual de firmas que consideram a fonte de informação externa Universidades e institutos de pesquisa com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
INFOASST	Percentual de firmas que consideram a fonte de informação externa Centros de capacitação profissional e assistência técnica com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
INFOINST	Percentual de firmas que consideram a fonte de informação externa Instituições de testes, ensaios e verificações com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
INFOPAT	Percentual de firmas que consideram a fonte de informação externa Licenças, patentes e <i>Know how</i> com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC

(conclusão)

Variável	Descrição	Fonte
INFOPUBL	Percentual de firmas que consideram a fonte de informação externa Conferências, encontros e publicações especializadas com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
INFOFAIR	Percentual de firmas que consideram a fonte de informação externa Feiras e exposições com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
INFONETS	Percentual de firmas que consideram a fonte de informação externa Redes de informação informatizadas com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
IMPPEDIN	Percentual de firmas que consideram Atividades internas de Pesquisa e Desenvolvimento com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
IMPPEDEX	Percentual de firmas que consideram Aquisição externa de Pesquisa e Desenvolvimento com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
IMPAQUI	Percentual de firmas que consideram Aquisição de outros conhecimentos externos com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
IMPMAQ	Percentual de firmas que consideram Aquisição de máquinas e equipamentos com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
IMPTREIN	Percentual de firmas que consideram Treinamento com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
IMPINTRO	Percentual de firmas que consideram Introdução das inovações tecnológicas no mercado com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC
IMPPROJ	Percentual de firmas que consideram Projeto industrial e outras preparações técnicas com importância alta ou média entre o total de firmas inovadoras	PINTEC

Fonte: Elaborado pela autora.

Notas: ¹ Esta variável foi calculada da seguinte forma: fez-se a soma dos percentuais atribuídos por cada uma das empresas à receita dos produtos inovadores e dividiu-se este valor pelo número total de empresas do setor. Desta forma, a análise não reflete a apropriabilidade das inovações, que seria dada pelo percentual efetivamente apropriado pela indústria (valor da receita líquida de vendas dos produtos inovadores da indústria dividido pelo faturamento), mas apenas uma estimativa da relevância dos produtos inovadores para a indústria, dado que o peso relativo de cada empresa no faturamento total do setor não é considerado.

Quadro 8. Variáveis sobre estrutura de mercado e dinâmica industrial

Variável	Descrição	Fonte
CLAS1A_3	Participação das firmas com 1-10 empregados no número total de empregos do setor ¹	RAIS
CLAS02_3	Participação das firmas com 11-50 empregados no número total de empregos do setor	RAIS
CLAS03_3	Participação das firmas com 51-200 empregados no número total de empregos do setor	RAIS
CLAS04_3	Participação das firmas com mais de 200 empregados no número total de empregos do setor	RAIS
C4_3	Soma das participações das 4 maiores empresas no total do emprego do setor	RAIS
C20_3	Soma das participações das 20 maiores empresas no total do emprego do setor	RAIS
HERF_3	Somatório de 1 até N de (participação da empresa no emprego do setor) ² , sendo N=número de empresas no setor	RAIS
ENTRY123	(número de novas firmas/total de firmas no mercado)*100	RAIS
EXIT03	(número de firmas que ecerraram atividades/total de firmas no mercado)*100	RAIS
PRODTME3	Valor da transformação industrial dividido pelo número de empregados	PIA

Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: ¹ Na faixa de 1-10 empregados aplicou-se uma correção excluindo as empresas de 0, 1 e 2 funcionários, para que a soma das faixas não fosse de 100%.

3.3 RESULTADOS

Conforme já foi apresentado, Marsili e Verspagen (2002) levantaram um grande número de indicadores a partir de diferentes pesquisas realizadas na Holanda. Estes indicadores foram divididos em dois grupos. O primeiro relaciona características inovativas e tecnológicas, e o segundo, características da estrutura de mercado e dinâmica industrial. Antes de proceder com a análise discriminante de setores industriais em regimes tecnológicos, os autores reduziram as variáveis através da análise de componentes principais. Os resultados foram documentados apenas para cinco grupos de variáveis, pois, segundo os autores, apenas estes se mostraram significantes na etapa seguinte. Os resultados apresentados referem-se às cargas fatoriais de cada fator extraído, bem como sua proporção acumulada de explicação da variância. Os autores não mostram indicadores de correlação das variáveis e também não indicaram ter realizado rotação da matriz fatorial. Os grupos de variáveis analisados pelos autores, bem como os resultados obtidos para o caso brasileiro são discutidos nesta seção. Ressalta-se que a análise para o Brasil é realizada com adaptações, diante das restrições em termos de variáveis disponíveis e sigilo de dados.

O primeiro grupo é composto por sete variáveis: gastos com P&D como fração das vendas, pessoal em P&D como fração do pessoal ocupado total, total de gastos com inovação como fração das vendas, percentual de firmas inovadoras, percentual de firmas com inovação de produto, percentual de firmas com inovação de processo e percentual de firmas inovadoras com atividades permanentes de P&D. Segundo a interpretação dos autores, os componentes gerados a partir destas variáveis são medidas de oportunidade tecnológica. O primeiro fator gerado, que explicou 50,2% da variância total, apresentou correlação (carga fatorial) positiva e elevada com todas as variáveis, mas principalmente com o percentual de firmas com inovação de produto (0,882) e o percentual de firmas inovadoras (0,874). A menor carga fatorial foi da variável gastos totais em inovação como fração das vendas (0,275), sendo que todas as demais foram maiores que 0,600. Desta forma, a mensuração de oportunidade tecnológica deste fator é medida principalmente em termos de atividades formais de P&D.

O segundo fator extraído destas variáveis tem 72,6% de proporção cumulativa de explicação da variância, e separa os dados de percentual de firmas inovadoras (total, produto e processo, bem como as que possuem atividade permanente de P&D, das variáveis de gasto (total e em P&D) como fração das vendas e a fração de pessoal ocupado. Neste caso, os autores entendem que o fator mede a intensidade de recursos voltados para a inovação (cargas positivas), mas com inovação menos freqüente (cargas negativas). Por fim, o terceiro fator tem explicação acumulada de 85,8% e teve carga fatorial elevada apenas nos gastos totais com atividades inovativas (0,785).

As variáveis utilizadas para estimar os indicadores de oportunidade tecnológica para o Brasil foram semelhantes. Os dados sobre gastos com atividades inovativas e percentual das empresas inovadoras que possuem atividades permanentes de P&D não estavam disponíveis, o que reduz a influência da cumulatividade e do caráter formal das atividades inovativas. As demais variáveis estavam disponíveis e além destas foi inserida a participação da receita dos produtos inovadores na receita líquida de vendas¹¹, num total de cinco variáveis. Antes de proceder com a análise discriminante, verificou-se a correlação dos dados. A matriz de correlação apresentou poucos resultados acima de 0,30, nos quais se destaca a relação negativa entre as empresas que inova em produto e as que inovam em processo (-0,540) e a relação positiva entre as empresas inovadoras em produto e a participação dos produtos inovadores na receita (0,450). Como as correlações foram baixas, o resultado do teste KMO

¹¹ A receita líquida de vendas costuma ser utilizada como uma variável *proxy* de apropriabilidade. Contudo, neste caso, a forma como ela foi elaborada (descrita na seção anterior, quadro 7), traz uma indicação de qual a relevância dos produtos inovadores para o setor, traduzindo assim elementos de oportunidade tecnológica.

não foi bom (0,477), mas o teste Barlett foi adequado. Este grupo de indicadores mensura a influência das atividades formais de P&D (pessoal ocupado em P&D), a frequência da inovação (percentual de empresas inovadoras em produto, em processo e total) e a importância da receita dos produtos inovadores para a empresa, que constitui o próprio estímulo para buscar as novas oportunidades de inovação. Os principais resultados da análise de componentes principais não rotacionada encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Análise de componentes principais para oportunidade tecnológica

	Cargas fatoriais		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3
% de empresas inovadoras em produto	0,882	-0,228	-0,066
% de empresas inovadoras em processo	-0,669	-0,005	0,680
% de empresas inovadoras (total)	0,482	0,605	0,071
% da receita dos produtos inovadores sobre o faturamento	0,498	-0,667	0,441
% de pessoas em P&D sobre o pessoal ocupado	0,507	0,469	0,511
Autovalor	1,963	1,083	0,927
% da variância explicada	39,235	21,654	18,547
% cumulativo da variância explicada	39,235	60,907	79,454

Fonte: Elaborada pela autora.

Conforme apontam Hair e Anderson (2005), os resultados considerados satisfatórios em termos de explicação da variância são bastante distintos entre as ciências naturais e as ciências humanas. Nas ciências naturais, busca-se que os fatores expliquem mais de 90% da variância total, enquanto nas ciências humanas, componentes que com explicação em torno de 60% são adequados. Sendo assim, podemos dizer que os resultados obtidos são relevantes, pois os fatores três fatores extraídos respondem por 79,5% da variância total. O primeiro fator pode ser entendido como um resumo das variáveis que enfatiza as empresas que inovam em produto, devido sua maior carga fatorial (0,882), as quais possuem maior participação dos produtos inovadores na sua receita (0,498), possuem mais pessoas em atividades de P&D (0,507) e as distingue das empresas que possuem inovações em processo (-0,669), que cujas atividades inovativas são de caráter menos formal e explícito. O segundo fator está voltado para a frequência da inovação nas empresas, sem fazer distinção entre o caráter destas atividades (cargas elevadas em percentual de empresas inovadoras e pessoal ocupado em P&D), sendo que a participação da receita de vendas dos produtos inovadores teve relação

negativa (-0,667). O terceiro fator está voltados para as empresas de inovação em processo (0,680).

O segundo grupo de dados analisados pelos autores trata das informações sobre participação dos gastos em diferentes atividades inovativas: máquinas, P&D interno, P&D contratado, desenho industrial, *marketing* de novos produtos e treinamento. A variância acumulada dos três fatores explica 73,1% da variância total, sendo que o primeiro fator responde por 36,0%. As cargas fatoriais do primeiro fator ressaltam as atividades inovativas mais formais, como P&D interno (0,884) e contratado (0,696), e as separa dos setores nos quais a aquisição de máquinas tem importância relevante (-0,887). O segundo fator tem carga positiva para *marketing* (0,458) e treinamento (0,719), e negativa para aquisição de máquinas (-0,433) e desenho industrial (-0,433), enquanto o terceiro fator tem cargas relevantes em treinamento (0,635) e *marketing* (-0,768).

A análise para o Brasil não foi feita a partir dos gastos com as atividades inovativas, mas com a importância relativa que as empresas atribuem a estas atividades, pois os dados de gastos não estavam disponíveis. Para que análise fosse possível, Marsili e Verspagen (2002) precisaram excluir da análise a variável de gastos com licenciamento¹². Como os dados de importância relativa não incorrem neste problema, as sete atividades inovativas caracterizadas na PINTEC foram incluídas na análise. Os resultados obtidos se mostraram bastante consistentes. A matriz de correlação teve indicadores acima de 0,30 para a maior parte dos dados. Os resultados do teste KMO (0,724) e do teste Barlett também foram adequados para a análise, e a variância total explicada pelos três fatores chegou a 76,9%. O primeiro fator apresenta um resumo das informações, e tem correlação positiva com todas as variáveis, sendo a aquisição de máquinas e equipamentos (0,184) a única abaixo de 0,650. No segundo fator é possível identificar uma distinção entre os setores nos quais os esforços inovativos são mais deliberados e formais, com -0,377 para atividades internas de P&D, e os setores nos quais estas atividades são mais informais e dependem de fornecedores, pois as cargas positivas mais elevadas foram de 0,928 para aquisição de máquinas e 0,454 para treinamento. Por fim, o terceiro fator indica uma distinção entre as atividades internas das firmas, como P&D (-0,501) e projeto industrial (-0,343), e as atividades que envolvem interação no mercado, como aquisição de conhecimentos externos (0,580) e introdução de produtos no mercado (0,367).

¹² Isto ocorre por que quando a soma de todas as participações de gasto soma 100%, o determinante da matriz de correlação dá zero, pois existe uma combinação linear entre as variáveis.

Tabela 2. Análise de componentes principais para atividades inovativas

% de empresas inovadoras que consideram as seguintes atividades inovativas com importância média ou alta	Cargas fatoriais		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Projeto industrial e outras preparações técnicas	0,776	0,127	-0,343
Introdução das inovações tecnológicas no mercado	0,761	-0,204	0,367
Aquisição externa de P&D	0,757	-0,020	-0,063
Treinamento	0,721	0,454	-0,041
Atividades internas de P&D	0,671	-0,377	-0,501
Aquisição de outros conhecimentos externos	0,657	-0,264	0,580
Aquisição de máquinas e equipamentos	0,184	0,928	0,108
Autovalor	3,192	1,336	0,857
% da variância explicada	45,593	19,092	12,238
% cumulativo da variância explicada	45,593	64,685	76,923

Fonte: Elaborada pela autora.

O terceiro grupo de dados apresentado por Marsili e Verspagen (2002) trata das fontes das atividades de P&D conduzidas fora das empresas: subsidiárias domésticas, outras empresas domésticas, TNO (instituto de pesquisa holandês semi-público), universidades, outros institutos de pesquisa e subsidiárias estrangeiras. A variância explicada pelos três fatores extraídos somou 72,2%. O primeiro fator teve variância explicada de 29,4%, e fez uma distinção clara entre as atividades conduzidas por instituições públicas e semi-públicas, com correlação de 0,710 para o TNO, 0,686 para universidades e 0,550 para outros institutos de pesquisa, e outras empresas domésticas (-0,685). No segundo fator, a correlação é maior com as instituições domésticas (cargas maiores que 0,383), com exceção das universidades (-0,089), e externas à firma, pois as subsidiárias domésticas tiveram carga de -0,671 e as estrangeiras -0,494. O último fator extraído faz a distinção entre as subsidiárias domésticas (0,602) e as estrangeiras (-0,809), enquanto as demais cargas ficam abaixo de 0,241, em módulo. Este grupo é último apresentado pelos autores sobre tecnologia e inovação.

A análise dos dados para o caso brasileiro foi realizada de forma mais ampla, envolvendo a importância relativa das fontes de informação para a inovação internas e externas, num total de quatorze variáveis. Outras variáveis como o principal responsável pela inovação ou o percentual de empresas que desenvolve atividades de P&D em cooperação com outras instituições não foram possíveis de serem utilizados pela grande quantidade de zeros presentes nas matrizes, o que inviabilizou a análise. Os resultados em termos de correlação e seus testes (KMO de 0,794) foram bastante favoráveis. A variância explicada pelos três fatores ficou abaixo dos resultados anteriores, com 62,2%, mas ressalta-se que há grande

número de variáveis com relações complexas a serem resumidas. Pelo critério do teste *scree*, a extração de fatores poderia ter avançado até o sexto fator, mas os autovalores ficam abaixo da unidade a partir do terceiro.

O primeiro fator teve explicação de 40,8% e suas cargas fatoriais foram positivas para todas as fontes de informação. As cargas mais altas ficaram em universidades e institutos de pesquisa (0,800); conferências, encontros e publicações especializadas (0,789); e centros de capacitação profissional e assistência técnica (0,780), enquanto as mais baixas foram em clientes (0,486), feiras e exposições (0,387) e outras áreas da firma (0,313). No segundo fator, destaca-se a interação com outras empresas no mercado, com cargas elevadas para as três últimas variáveis do primeiro fator, sendo que as redes de informação informatizadas também apresentaram correlação positiva (0,442) enquanto licenças, patentes e *know how*; outras empresas do grupo; e empresas de consultoria e consultores independentes tiveram cargas fatoriais de -0,441, -0,332 e -0,303, respectivamente. O último fator distingue as fontes de informação internas da firma, como P&D (0,548) e outras áreas da firma (0,438), das fontes externas, como fornecedores, com -0,491.

Tabela 3. Análise de componentes principais para fontes de informação para inovar

% de empresas inovadoras que consideram as seguintes fontes de informação com importância média ou alta	Cargas fatoriais		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Universidades e institutos de pesquisa	0,800	-0,256	0,056
Conferências, encontros e publicações especializadas	0,789	0,101	-0,052
Centros de capacitação profissional e assistência técnica	0,780	-0,214	-0,195
Instituições de testes, ensaios e verificações	0,728	-0,166	-0,073
Outras empresas do grupo	0,718	-0,332	0,269
Licenças, patentes e <i>know how</i>	0,672	-0,441	0,305
Empresas de consultoria e consultores independentes	0,669	-0,306	-0,254
Departamento de P&D da firma	0,656	0,076	0,548
Fornecedores	0,631	0,132	-0,491
Redes de informação informatizadas	0,546	0,442	-0,169
Concorrentes	0,541	0,156	-0,311
Feiras e exposições	0,387	0,732	-0,006
Clientes ou consumidores	0,486	0,535	0,100
Outras áreas da firma	0,313	0,477	0,438
Autovalor	5,719	1,839	1,148
% da variância explicada	40,847	13,134	8,203
% cumulativo da variância explicada	40,847	53,980	62,184

Fonte: Elaborada pela autora.

Além dos dados de tecnologias, os autores aplicaram a análises de componentes principais para as variáveis de estrutura e dinâmica industrial. No quarto grupo, que mede a concentração de mercado, foram incluídas as variáveis C4, C20, índice herfindahl, e a participação das empresas nas faixas¹³ 1-10, 10-50, 50-200 e 200 ou mais empregados. A variância total explicada pelos três fatores alcançou 82,8%, sendo 43,1% a explicação do primeiro fator. Neste primeiro fator, todos os indicadores de concentração apresentaram cargas fatoriais positivas e elevadas, enquanto nas faixas de empregos a carga fatorial cresce de acordo com o tamanho, sendo -0,578 para empresas com menos de 10 empregados, e 0,590 para as empresas com mais de 200. Desta forma, este fator é um indicador de concentração. O segundo fator teve cargas fatoriais altas com as faixas de 10-200 empregados, e negativa para os indicadores de concentração, de modo que ele distingue as empresas pequenas e médias. O terceiro fator, por sua vez, teve correlação relativamente maior com as empresas menores, e -0,516 com a faixa de 200 ou mais empregados.

Para o caso brasileiro, foram utilizadas as mesmas variáveis¹⁴ de Marsili e Verspagen (2002). Apesar da matriz de correlação entre as variáveis ter se mostrado adequada para análise, com grande parte dos valores acima de 0,30, o teste KMO teve resultado ruim (0,374). Por sua vez, o teste Barlett foi considerado adequado e a variância total explicada pelos três fatores chegou a 87,0%. No primeiro fator a correlação com as variáveis seguiu a mesma tendência de Marsili & Verspagen (2002), com cargas elevadas para os índices de concentração e crescentes de acordo com o tamanho das empresas, sendo que este índice representou 50,7% da variância total. O segundo fator, apesar de sinais um pouco distintos, também tem suas cargas mais elevadas nas empresas da faixa de 10-50 (0,166) e 50-200 (0,929), e carga negativa para a faixa com mais de 200 empregados (-0,784). O terceiro fator também foi bastante semelhante ao dos autores, com cargas fatoriais mais elevadas para as empresas entre 1-50 empregados, e negativo para empresas com mais de 50. Desta forma, é possível dizer que o primeiro fator indica concentração e grandes empresas, o segundo fator indica mercados com predominantemente empresas médias, enquanto o terceiro, mercados com mais empresas pequenas.

¹³ Os autores excluíram da primeira faixa (1-10 empregados) as empresas de auto-emprego (zero funcionários), para que a soma de todas as faixas não fosse 100% e incorresse no erro citado na nota anterior.

¹⁴ Na faixa de 1-10 empregados aplicou-se uma correção excluindo as empresas de 0, 1 e 2 funcionários, para que a soma das faixas não fosse de 100%. Esse ajuste excluiu cerca de 10% das empresas que compunham a primeira faixa e abrangeu mais empregados que a correção de Marsili e Verspagen (2002) para que se pudesse alcançar o ajuste na maior parte dos setores CNAE 3 dígitos em estudo.

Tabela 4. Análise de componentes principais para concentração de mercado

	Cargas fatoriais		
	Fator 1	Fator 2	Fator 3
C4	0,931	0,010	0,308
C20	0,904	0,130	0,155
Índice Herfindahl	0,783	-0,141	0,473
% das empresas na faixa de 1 a 10 empregados	-0,723	-0,306	0,306
% das empresas na faixa de 10 a 50 empregados	-0,637	0,166	0,583
% das empresas na faixa de 50 a 200 empregados	0,279	0,929	-0,206
% das empresas na faixa de 200 ou mais empregados	0,499	-0,784	-0,295
Autovalor	3,551	1,635	0,905
% da variância explicada	50,731	23,359	12,931
% cumulativo da variância explicada	50,731	74,091	87,021

Fonte: Elaborada pela autora.

O último grupo no qual os autores apresentaram a análise de componentes principais foi o de dinâmica da estrutura de mercado, que inclui as variáveis de taxa de entrada e taxa de saída das empresas, e taxa de entrada empreendedora e taxa de saída empreendedora, que inclui apenas as empresas de auto-emprego, ou seja, sem empregados. Destaca-se neste caso que há apenas quatro variáveis a serem resumidas em três, o que diminui a real contribuição que pode ser obtida a partir da análise de componentes principais. Conforme já foi apresentado, na análise de componentes principais podem ser extraídos até o mesmo número de variáveis originais, de modo que todos os componentes juntos explicarão 100% da variância total. Como nesta análise realizada pelos autores foram extraídos três fatores a partir de quatro variáveis, a variância total explicada pelos três fatores chega a 99,2%.

O primeiro fator respondeu por 59,4% da variância total e teve cargas positivas nas quatro variáveis, porém, esta carga foi mais alta nas taxas de entrada e saída tradicionais. No segundo fator, as cargas fatoriais foram positivas e elevadas nas taxas de entrada e saída empreendedoras, e negativas nas taxas de entrada e saída tradicionais. Por fim, o terceiro fator teve carga fatorial positiva e elevada na taxa de entrada empreendedora (0,425) e negativa na taxa de saída empreendedora (-0,542), o que, segundo os autores, indica que este fator sinaliza os casos em que a entrada empreendedora é bem sucedida, ao menos no primeiro ano. Os dados de dinâmica da estrutura de mercado disponibilizados para o Brasil referem-se apenas à taxa de entrada e saída tradicionais. Como só estão disponíveis duas variáveis, não foi realizada a análise de componentes principais para estes dados, que serão utilizados diretamente na análise discriminante.

A partir dos indicadores formados através da análise de componentes principais, os autores aplicam a análise discriminante a fim de identificar se os dados são capazes de separar os setores entre os regimes tecnológicos de Marsili (1999, 2001), de acordo com as classificações definidas *a priori* pela discussão teórica. Marsili e Verspagen (2002) argumentam que o uso da análise discriminante supera os estudos que utilizaram técnicas univariadas para verificar se uma variável difere entre regimes tecnológicos, pois permite utilizar o poder de explicação e de inter-relação entre diferentes variáveis independentes. Em Dijk (2000), o autor fez testes de hipóteses para diferentes variáveis de estrutura e dinâmica industrial, a fim de verificar a diferença entre as médias dos regimes *Schumpeter Mark I* e *Schumpeter Mark II*. O trabalho de Marsili e Verspagen (2001) também usa técnicas univariadas para testar a diferença entre as médias dos regimes tecnológicos propostos em Marsili (2001), mas utiliza apenas variáveis sobre tecnologia e inovação. Sendo assim, a proposta de Marsili e Verspagen (2002) supera estes trabalhos tanto pelo uso de técnicas multivariadas como pela união de variáveis de tecnologia e inovação com as de estrutura de mercado e dinâmica industrial para diferenciar os regimes tecnológicos.

Marsili e Verspagen (2002) utilizaram o método *stepwise* na análise discriminante, utilizando como método a minimização do λ de Wilks, e como critério de significância os valores p da estatística F, sendo 0,05 para a entrada da variável, e 0,1 para a saída. A classificação dos setores nos regimes tecnológicos baseou-se em probabilidades *a priori* proporcionais ao número de setores no regime. Os autores apresentaram os resultados para duas análises: a primeira, na qual foram utilizados os primeiros fatores da análise de componentes principais, e a segunda, na qual foram utilizados os três fatores de cada grupo da análise de componentes principais. Os autores não apresentaram resultados de testes dos dados, como os de normalidade das variáveis ou M de Box para a homogeneidade das matrizes de covariância. Ressalta-se também que um dos regimes tecnológicos, o de sistemas complexos, possui apenas três elementos na análise, o que pode afetar significativamente a qualidade dos resultados obtidos, pois este número é inferior o de variáveis independentes inseridas nas duas análises apresentadas.

A opção pelo método *stepwise* decorre do fato dos autores buscarem identificar quais as variáveis mais importantes na discriminação dos regimes. Como se tratam de cinco variáveis categóricas dependentes (os regimes tecnológicos), foram estimadas quatro funções discriminantes. Além dos fatores da análise de componentes principais, também foram utilizadas variáveis individuais, como produtividade média do trabalho para o ano de 1993 e a razão entre empresas inovadoras de produto e as inovadoras de processo. Os autores

apresentaram os coeficientes das funções, bem como os centróides calculados por cada uma delas para os regimes. Os coeficientes indicam o que cada função está mensurando, indicando o peso de cada indicador, enquanto os valores dos centróides mostram quão distintos foram os grupos naquela função discriminante.

Na primeira análise discriminante, as variáveis que permaneceram como significantes para explicar os regimes foram o primeiro fator de concentração, a produtividade média do trabalho, primeiro fator de fontes externas de P&D, primeiro fator de oportunidades tecnológicas e razão entre empresas inovadoras de produto e de processo. Na primeira função discriminante, os coeficientes mais elevados foram primeiro fator de oportunidades tecnológicas e razão entre empresas inovadoras de produto e de processo, sendo que os centróides se distribuíram em distâncias relativamente iguais entre os grupos, o que mostra uma boa discriminação. Os extremos desta função ficaram entre o regime baseado em ciência (maior centróide) e o regime de processos contínuos (menor centróide). A segunda função teve maior coeficiente na variável de concentração de mercado, e coeficiente negativo apenas a razão de inovadores em produto e em processo. De acordo com os centróides, esta função discrimina o regime de processos fundamentais (maior centróide) do de engenharia de produto (menor centróide). Na segunda função, a variância cumulativa das funções discriminantes chega a 80,7%.

A terceira função discriminante ainda acrescenta 17,2% de participação na variância, sendo que os centróides mais distantes são os de processos fundamentais e de sistemas complexos (menor centróide). Nesta função, a variável de concentração teve o menor coeficiente (-0,981) e o maior foi da variável de produtividade média do trabalho (0,863). A última função acrescenta pouco à variância explicada (2,1%) e os centróides apresentam diferenças menores, sendo o maior valor em sistemas complexos e o menor no regime baseado em ciência. Os resultados da estimação foram avaliados através de validação cruzada. As funções estimadas discriminaram corretamente 72,1% dos setores, sendo que em validação cruzada este percentual de acerto foi de 60,7%. Nesta estimação, apenas um dos três setores de sistemas complexos foram classificados corretamente, sendo que o maior percentual de acerto foi do regime de processos fundamentais e do de processos contínuos (85,7% em ambos). Na validação cruzada, os percentuais de acerto se reduzem, sendo que nenhum dos setores de sistemas complexos é classificado corretamente. Os maiores acertos continuam sendo de processos fundamentais, com 71,4%, e de processos contínuos, com 66,7%.

Na segunda análise apresentada pelos autores, seis variáveis foram consideradas significantes. Três variáveis que estavam presentes na análise anterior, também foram

mantidas nesta: primeiro fator de fontes externas de P&D, primeiro fator de oportunidade tecnológica e razão entre empresas inovadoras em produto e em processo. As outras três variáveis que passaram a integrar a análise foram o segundo fator de concentração, o qual mede a maior presença de empresas pequenas e médias, o terceiro fator de participação nas atividades inovativas, que mede principalmente treinamento, e o terceiro fator de dinâmica industrial, que está mais relacionado às firmas empreendedoras bem sucedidas. Por ter mais variáveis independentes inseridas no modelo, a explicação da variância da primeira função discriminante aumentou para 53,2%. Os maiores coeficientes desta função foram das variáveis de oportunidade tecnológica, participação nos gastos com inovação e dinâmica industrial. Os centróides foram mais distintos entre os regimes de sistemas complexos (4,216) e processos contínuos (-1,205), sendo que a diferença entre os regimes de processos fundamentais e baseado em ciência não foram significativas. A segunda função teve coeficientes elevados em dinâmica industrial e fontes externas de P&D, o que separou tanto o regime baseado em ciência como o de engenharia de produto, que tiveram centróides negativos, do de sistemas complexos, que teve o maior centróide. Na terceira função o maior coeficiente foi de oportunidade tecnológica, sendo que maior diferença entre os centróides foi do regime de processos fundamentais (maior centróide) e do regime de sistemas complexos (menor centróide). A última função teve maior coeficiente na variável de concentração, sendo que o maior centróide ficou no regime de processos fundamentais, e o menor no regime baseado em ciência.

Nesta segunda estimação, o percentual de classificação correta aumentou para 75,0%, enquanto a validação cruzada acertou 66,7% dos resultados. Os três setores de sistemas complexos foram adequadamente classificados, sendo que processos contínuos e processos fundamentais também tiveram bons resultados, com 90,5% e 71,4%, respectivamente. Nos resultados de validação cruzada, o regime de processos contínuos teve acertos de 80,9%, o de processos fundamentais teve 71,4%, e o de sistemas complexos acertou dois casos (66,7%). Os autores atribuem a melhora nos resultados de classificação do regime de sistemas complexos à inclusão do terceiro fator de dinâmica industrial. Isto porque, conforme já foi destacado, este regime é marcado por pouca apropriabilidade dos produtos, mas elevadas barreiras tecnológicas à entrada. Por isso, a inclusão da variável de dinâmica industrial permitiu que a terceira função discriminante distinguisse os setores de sistemas complexos do regime baseado em ciências, no qual estes setores haviam sido classificados na estimativa anterior.

O objetivo análise através do método *stepwise* é identificar quais as variáveis mais importantes para a discriminação dos regimes. De acordo com os resultados obtidos, os autores apontam que para a indústria holandesa, apenas algumas variáveis foram suficientes para fazer esta discriminação. Com relação às variáveis de tecnologia, os autores destacam quatro: oportunidades tecnológicas, fontes externas de P&D, relação entre inovadores em produto e em processo e a distribuição dos gastos em inovação. Já sobre os dados de estrutura de mercado e dinâmica industrial, os resultados são distintos entre as análises. Na primeira, foram relevantes apenas os dados estáticos de estrutura industrial, que refletem principalmente o grau de concentração de mercado. Quando combinados com os dados de oportunidade tecnológica e fontes de inovação, estes dados fizeram a distinção adequada dos regimes, como elevadas oportunidades tecnológicas e concentração de mercado nos regimes de processos básicos e baseado em ciência. Na segunda análise, os regimes foram discriminados também pela importância da entrada de firmas, inclusive empreendedora, associada às oportunidades tecnológicas (regime de sistemas complexos) em detrimento dos regimes nos quais a alta taxa de entrada também está associada à alta taxa de saída (regimes baseado em ciência e engenharia de produto).

As conclusões apontadas pelos autores mostram que a abordagem de regimes tecnológicos constitui um enfoque bastante interessante para analisar as variáveis de processos de inovação e evolução industrial. Os resultados indicam que uma divisão mais ampla que os regimes *Schumpeter Mark I* e *Schumpeter Mark II* é consistente com os resultados empíricos. No entanto, ainda é preciso avançar nas pesquisas na dimensão temporal, bem como nos aspectos dos padrões de concorrência. Neste trabalho, busca-se contribuir para o debate através de um estudo comparativo para o Brasil. Desta forma, foi aplicado o mesmo método de análise discriminante utilizado por Marsili e Verspagen (2002) aos fatores obtidos na análise de componentes principais apresentada anteriormente, além de outras variáveis utilizadas de forma direta (previamente padronizadas), como taxa de entrada e saída, produtividade média do trabalho e razão entre empresas inovadoras em produto e em processo. Os resultados obtidos para o caso brasileiro, no entanto, tiveram baixos percentuais de acerto na classificação. Na análise realizada com apenas os primeiros fatores e as variáveis diretas, a taxa de acerto foi de 56,6% e na validação cruzada foi de 51,8%. Com um grupo maior de variáveis, incluindo os demais oito fatores extraídos, estes percentuais aumentam para 56,2% e 55,2%. Sendo assim, apesar das variáveis terem correlações que permitem um agrupamento semelhante ao do caso holandês, a classificação dos setores brasileiros nos regimes tecnológicos por Marsili (2001) não pode ser considerada satisfatória.

O método *stepwise*, que foi utilizado pelos autores, faz a discriminação dos grupos com o objetivo de utilizar apenas as variáveis mais relevantes, de modo que os resultados obtidos em termos de identificação dos regimes tecnológicos poderiam estar limitados pelo conjunto menor de variáveis. Por isso, foram realizadas novas estimações utilizando o método de estimação simultânea. Contudo, os resultados obtidos não foram melhores, principalmente em termos de validação cruzada. Alguns ajustes no sentido de tentar melhorar a estimação foram adotados, como excluir as taxas de entrada e saída de firmas da análise, por que estas possuem um grande número de elementos vazios, bem como a estimação direta das variáveis mais relevantes padronizadas previamente. Mesmo assim a taxa de validação cruzada ficou sempre abaixo de 60%. A Tabela 5 apresenta um resumo dos resultados destas estimações.

Tabela 5. Síntese dos resultados obtidos para os diferentes modelos estimados pela análise discriminante

Variáveis	Ajustes							
	M&V 1	M&V 2	M&V 3	Teste A	Teste B	Teste C	Teste D	Teste E
1 Fator 1 Grupo 1	X*	X*	X*	X	X	X	X	
2 Fator 2 Grupo 1		X*	X*			X	X	
3 Fator 3 Grupo 1			X*				X	
4 Fator 1 Grupo 2	X	X	X	X	X	X	X	
5 Fator 2 Grupo 2		X*	X			X	X	
6 Fator 3 Grupo 2			X				X	
7 Fator 1 Grupo 3	X	X	X	X	X	X	X	
8 Fator 2 Grupo 3		X*	X*			X	X	
9 Fator 3 Grupo 3			X*				X	
10 Fator 1 Grupo 4	X	X	X	X	X	X	X	
11 Fator 2 Grupo 4		X	X			X	X	
12 Fator 3 Grupo 4			X				X	
13 PRODPROC	X	X	X	X				
14 PRODMED	X*	X	X*	X				X
15 INOVPROD								X
16 INOVPROC								X
17 PERCINOV								X
18 POPED								X
19 RECINOV								X
20 C4								X
21 C20								X
22 HERF								X
23 ENTRY123	X*	X	X	X				
24 EXIT	X*	X	X	X				
Total de variáveis	8	12	16	8	4	8	12	9
Casos válidos	80	80	80	83	101	101	101	101
Resultados								
Taxa de acertos (%)	56,60	56,20	56,20	53	44,6	63,4	73,3	59,4
Validação cruzada (%)	51,80	51,40	55,20	42,2	38,6	49,5	49,5	49,5

Fonte: Elaborada pela autora.

Nota: * indica as variáveis consideradas significantes e que efetivamente entraram na análise, segundo método *stepwise*.

Em que se pesem as diferenças das variáveis utilizadas e dos grupos setoriais elaborados entre a aplicação empírica realizada para o Brasil e para a Holanda, os baixos índices obtidos na análise reforçam a hipótese de que os regimes tecnológicos, conforme a caracterização apontada pela literatura, não podem ser identificados na indústria brasileira. Isto corrobora os resultados obtidos por Gonçalves e Simões (2005), que apontam que os padrões setoriais de mudança técnica no Brasil não replicam as mesmas características observadas nos PDs. Em estudo realizado a partir da PINTEC 1998-2000, estes autores buscaram identificar, através de variáveis sobre o perfil de gastos em atividades inovativas para 30 setores industriais, quais os setores mais envolvidos com esforços tecnológicos internos e quais os que realizam apenas aquisição externa de tecnologia, sendo que a principal referência teórica dos autores é Pavitt (1984). Os resultados foram obtidos através de análise de componentes principais e análise de clusters hierárquicos, a qual permitiu identificar dois grupos. O primeiro é caracterizado pela aquisição de tecnologia através de máquinas e equipamentos. Neste grupo, há uma subdivisão entre os intensivos em escala e os setores tradicionais, que são caracterizados na literatura como dominados pelo fornecedor. É interessante apontar que neste último grupo estão inseridos setores como material eletrônico básico e farmacêutico, que são classificados como baseados em ciência conforme as estatísticas dos PDs. Isto retrata, conforme apontam os autores, o caráter passivo da estratégia tecnológica brasileira, ressaltado também por Viotti (2001), em setores relevantes para os novos paradigmas tecnológicos. O segundo grupo de maior esforço tecnológico interno, como setores de informática, elétrica e de comunicações.

Os resultados obtidos através da metodologia de Marsili e Verspagen (2002) também corroboram as hipóteses defendidas por Viotti (2001) e Albuquerque (1997), que destacam as diferenças significativas apresentadas entre as tipologias de análise desenvolvidas para os PDs e a realidade dos PEDs. Em especial, tanto o texto destes autores como os de Bell e Pavitt (1993) e Katz (2005) indicam que o Brasil (assim como os países da América Latina), não alcançou o mesmo êxito no desenvolvimento e aquisição de capacitações tecnológicas, tal como outros países do sudeste asiático, em especial, a Coreia do Sul. Os motivos atribuídos à manutenção do atraso relativo da economia brasileira em termos tecnológicos, apesar de ter logrado uma matriz industrial relativamente completa são diversos. Autores como Viotti (2001) destacam a concentração da estratégia brasileira na aquisição de tecnologia através de investimentos estrangeiros diretos podem ter inibido o desenvolvimento tecnológico em grandes grupos industriais de capital nacional. Trabalhos como o de Kannebley Júnior; Porto e Pazello (2004), Costa (2003) e Quadros, Franco e Bernardes (2003) indicam a dianteira

tomada pelas empresas de capital estrangeiro nos esforços tecnológicos. Contudo, Costa (2003) e Viotti (2001) ressaltam que a centralização das atividades de P&D destas empresas nos países desenvolvidos desestimula a maior interação com universidades, centros de pesquisa e empresas domésticas no desenvolvimento de tecnologia, limitando sua contribuição para a estratégia de absorção tecnológica ativa. Por outro lado, Katz (2005) e defende que a instabilidade macroeconômica interna e o desequilíbrio externo, enfrentados pelos países da América Latina a partir dos anos 1970, tiveram papel significativo na limitação dos esforços de aprendizado tecnológico destes países. Isto por que a instabilidade reduziu significativamente o horizonte de planejamento das empresas, provocou contração da demanda e mudou a estrutura de incentivos, pois tornaram os investimentos financeiros mais atraentes do que os gastos em P&D ou engenharia, bem como privilegiou as multinacionais por seu maior acesso ao mercado internacional de capitais para financiamento interno. O argumento do autor se baseia, principalmente, na observação de dados sobre o período de substituição de importações de Argentina, Brasil e México, os quais indicavam que a dinâmica de aprendizado destes países era semelhante à da industrialização em Taiwan e na Coreia do Sul, e que acabou sendo frustrada pelas condições adversas enfrentadas por estas economias.

O debate sobre as razões sobre as dificuldades brasileiras (e dos países da América Latina) no processo de *catching up* é extenso e supera os objetivos desta dissertação. Contudo, a fim de fazer um estudo exploratório sobre a relação que se estabelece nos setores industriais brasileiros em termos de tecnologia e dinâmica industrial dentro da abordagem de regimes tecnológicos, foi realizado um novo procedimento de análise multivariada. O objetivo desta segunda aplicação empírica é limitado a tentar verificar qual o comportamento, em termos dos indicadores utilizados na análise de regimes tecnológicos proposta por Marsili e Verspagen (2002), dos setores industriais brasileiros. Ou seja, deseja-se estabelecer quais os grupos de setores que apresentam características semelhantes em suas atividades inovativas e dinâmica industrial a partir de técnicas de análise multivariada. Neste sentido, esta contribuição exploratória difere de outros trabalhos, principalmente, por se alicerçar na literatura de regimes tecnológicos de Marsili (2001), cujo recorte está centrado em barreiras tecnológicas à entrada e requer a análise em conjunto de variáveis do processo inovativo, estrutura de mercado e dinâmica industrial. Destaca-se ainda que tal contribuição exploratória não pretende avançar na compreensão dos elementos comuns presentes nos setores agrupados. Um esforço neste sentido demanda aprofundamento em estudos setoriais para compreender as razões teóricas subjacentes aos resultados alcançados. Neste sentido, este novo “mapeamento”

de regimes tecnológicos abre uma nova frente de estudos possíveis, a fim de contribuir para a compreensão dos condicionantes dos processos inovativos internos às indústrias, permitindo assim novos elementos para a elaboração de políticas industriais adequadas às mesmas.

Portanto, com o objetivo de obter inferências sobre as características da dinâmica industrial e tecnológica brasileira dentro da abordagem de regimes tecnológicos, adotou-se em conjunto a análise de componentes principais¹⁵, a análise de *cluster* e a análise discriminante. Este novo procedimento consiste em utilizar as médias dos cinco regimes tecnológicos, conforme a classificação de Marsili (2001) e Marsili e Verspagen (2002), obtidas para as variáveis em estudo como as sementes para uma análise de *cluster* do tipo *k-means*. Conforme já foi discutido em seção anterior, a maior dificuldade do método *k-means* é a escolha das sementes da análise. Como a adoção simples dos primeiros casos do banco de dados (que segue a classificação CNAE a três dígitos) resulta em *clusters*¹⁶ (agrupamentos) pouco consistentes, com *clusters* tanto de apenas um setor e como de muitos setores, denota-se que a escolha de outras sementes é necessária.

A adoção das médias dos regimes tecnológicos de Marsili (2001) como sementes da análise foi considerada adequada por dois motivos. O primeiro decorre dos resultados obtidos, pois apesar da classificação dos setores não ter sido consistente, as médias refletiram as diferenças relativas esperadas, de acordo com a literatura, nas características dos regimes tecnológicos, tais como maior oportunidade tecnológica nos regimes baseado em ciência, sistemas complexos e engenharia de produto do que nos de processos básicos e de processos contínuos. A segunda razão é metodológica, pois se as médias obtidas são adequadas, a análise de *cluster* poderia permitir um novo teste da classificação de Marsili (2001). Se os *clusters* formados fossem semelhantes ao do modelo proposto pela autora, as dificuldades de identificação dos regimes estariam ligadas ao método utilizado anteriormente. No entanto, se forem formados *clusters* distintos, identificam-se novos padrões de dinâmica industrial e tecnológica para o caso brasileiro, evidenciando as características próprias da estrutura industrial que foi construída no país.

Visando obter o melhor ajuste possível em termos de maior distância entre os *clusters* setoriais e maior semelhança dentro de um mesmo *cluster*, foram estruturados três modelos. O primeiro modelo utiliza o primeiro fator de cada grupo da análise de componentes principais

¹⁵ Os dados sobre taxa de entrada e saída de firmas foram excluídos desta etapa da análise para que o número de elementos válidos não fosse reduzido.

¹⁶ O termo *cluster* será adotado ao invés de grupos, no intuito de facilitar a interpretação dos resultados. Os grupos referem-se ao conjunto de variáveis reunidas através da análise de componentes principais, enquanto os *clusters* são os conjuntos de setores formados pela análise de *clusters*.

apresentada nas Tabelas 1 a 4. O segundo e o terceiro modelo utilizam outros fatores gerados a partir dos mesmos grupos de dados das Tabelas 1 a 4, mas com aplicação de rotação varimax. A diferença entre os dois está no número de fatores retidos, pois no segundo modelo os três fatores de cada grupo são utilizados na análise, enquanto no terceiro modelo apenas os fatores que possuem autovalor maior que um são retidos. A partir da extração dos fatores, calculam-se as médias dos cinco regimes tecnológicos, conforme a classificação de Marsili (2001) e Marsili e Verspagen (2002), e aplica-se a análise de *cluster* para obter novos cinco *clusters* (ou regimes tecnológicos) utilizando as médias como sementes. Os *clusters* formados são analisados por critérios objetivos de modo a verificar qual o melhor ajuste obtido entre os três modelos. O primeiro passo foi uma nova aplicação da análise discriminante, que faz uma verificação da semelhança entre os *clusters* formados e sua capacidade de realmente identificar os elementos, o que é avaliado a partir dos resultados de taxa de acerto e de validação cruzada, conforme já foi realizado anteriormente na aplicação de Marsili e Verspagen (2002). Outra medida utilizada foi elaborada a partir da análise de variância (ANOVA) para os *clusters* formados e variáveis utilizadas, calculando-se o R^2 de cada modelo. Por fim, foi calculada a distância euclidiana média do modelo, que é a média da distância ao quadrado de cada elemento em relação ao centróide de seu grupo, ou seja, uma estimativa da semelhança interna dos *clusters*. Os resultados obtidos para cada um dos três modelos estão sintetizados na Tabela 6.

Tabela 6. Principais resultados dos modelos estimados pela análise de *cluster*

Critérios	Modelos		
	1	2	3
Total de fatores utilizados	4	12	9
R^2	0,632	0,409	0,432
Distância Euclidiana Média	1,023	2,277	1,943
Taxa de acertos (%)	97,0	98,0	96,0
Validação cruzada (%)	95,0	88,1	90,1

Fonte: Elaborada pela autora.

De acordo com os critérios adotados, o modelo 1 apresentou resultados significativamente melhores que os demais. Por isso, a distribuição de grupos obtida neste modelo foi selecionada como a que pode fornecer melhores inferências para a interpretação dos padrões de dinâmica industrial e tecnológica da economia brasileira. Apesar do número reduzido de fatores, este modelo foi o que conseguiu explicar a maior variância (R^2 de 0,632), teve maior taxa de acerto em validação cruzada (95%) e maior semelhança interna aos grupos

(distância euclidiana média de 1,023). Os resultados apresentados pelos outros dois modelos também podem ser considerados bons, mas por estes resultados, a melhor resposta entre os três em termos de ajuste foi do primeiro. O próximo item faz uma breve discussão sobre os resultados obtidos nesta classificação dos setores industriais brasileiros em grupos, seguindo a abordagem de regimes tecnológicos.

3.3.1 Inferências sobre regimes tecnológicos na indústria brasileira

Conforme já foi discutido na primeira seção deste capítulo, a abordagem de regimes tecnológicos proposta por Marsili (2001) classifica os setores industriais em cinco grupos, conforme suas características de base tecnológica, oportunidade tecnológica, cumulatividade e barreiras tecnológicas à entrada, sendo esta última característica mais relevante do que condições de apropriabilidade, conforme apontavam as primeiras definições de regimes tecnológicos. As sementes obtidas a partir desta classificação dos setores industriais mostraram-se adequadas aos padrões estabelecidos pela autora, conforme se pode observar na Tabela 7. Os grupos 1 (regime baseado em ciência) tem alta oportunidade tecnológica e inovação centrada em produtos (fator 1 elevado), com atividades inovativas formais e forte ligação com a ciência (fator 2 e 3 elevados), e concentração de mercado bastante semelhante ao do grupo 2, que também é relativamente mais concentrado. O segundo grupo (processos básicos) tem alta concentração (fator 4), e menores oportunidades tecnológicas que o grupo anterior, além de estar mais centrado em inovação de processo (fator 1). As atividades inovativas são relativamente formais (fator 2), mas as fontes de informação de centros externos de produção de ciência são bastante importantes (fator 3). O grupo três (sistemas complexos) é bastante concentrado (fator 4), com inovação voltada para produtos (fator 1), sendo as atividades inovativas formais relevantes (fator 2) e as fontes informação externas de ciência com menor importância relativa. No grupo quatro (engenharia de produto), a inovação em produto é importante (fator 1), mas o setor é pouco concentrado (fator 4), e as atividades inovativas e as fontes de informação são menos formais e de maior interação com clientes. Por fim, o último grupo (processos contínuos), é marcado por inovações de processos (menor fator 1), baixa concentração de mercado (fator 4), atividades inovativas informais e fontes de informação para inovar centradas nas relações de mercado (fatores 2 e 3).

Tabela 7. Médias obtidas a partir da classificação de regimes tecnológicos originais

Sementes	Regimes tecnológicos									
	BC		PB		SC		EP		PC	
	valor	posição	valor	posição	Valor	posição	valor	posição	valor	posição
FAC1_G1	0,58316	2	-0,17302	4	0,68097	1	0,28066	3	-0,40588	5
FAC1_G2	0,47338	1	0,40081	3	0,42727	2	0,13415	4	-0,45666	5
FAC1_G3	0,26115	2	0,27465	1	0,23943	3	0,11136	4	-0,18675	5
FAC1_G4	0,14067	3	0,15273	2	0,70854	1	-0,4398	5	-0,24874	4
Tamanho	16		18		9		22		45	

Fonte: Elaborada pela autora.

No entanto, a análise de clusters formou grupos setoriais bastantes distintos dos apontados por Marsili (2001). O maior agrupamento próximo ao original foi no regime tecnológico de processos contínuos, que manteve 40% (18 em 45) dos setores da primeira classificação juntos. No regime de engenharia de produto, 36% (8 em 22) dos setores mantiveram-se em um mesmo grupo, sendo que nos demais regimes este percentual cai para 31%, 22% ou 6%. O cruzamento entre os setores na classificação de Marsili (2001) e nos novos padrões identificados na análise de cluster estão na Tabela 8. Conforme a hipótese apontada para esta análise, a baixa correspondência entre os grupos formados pela análise de *cluster* e a classificação de regimes tecnológicos colocada por Marsili (2001) corrobora os primeiros resultados obtidos na análise discriminante, indicando que os setores industriais brasileiros possuem características próprias em termos de dinâmica tecnológica e industrial, e as quais não guardam correspondência significativa com os padrões estabelecidos pela literatura, cujas referências empíricas estão fortemente baseadas nos países desenvolvidos.

Tabela 8. Cruzamento entre a classificação de regimes tecnológicos originais e os novos *clusters* formados

Regimes tecnológicos	Clusters						Total
	1	2	3	4	5	NC	
Baseado em ciência	5	2	1	6		2	16
Processos básicos	3	1	2	5	3	4	18
Sistemas complexos	2	1	2	3	1		9
Engenharia de produto	3	1	2	8	5	3	22
Processos contínuos	2	6		19	18		45
Total	15	11	7	41	27	9	110

Fonte: Elaborada pela autora.

Nota: NC – não classificado (elementos não válidos).

Sendo assim, os padrões de dinâmica tecnológica e industrial obtidos a partir dos clusters permitem estabelecer novas relações de semelhança e diferença entre os setores

industriais brasileiros. Destaca-se, inclusive, que apesar das sementes apresentarem uma relativa correspondência com os regimes tecnológicos de Marsili (2001), os centróides obtidos ao final da análise não guardam a mesma relação, o que reforça a noção de que existem características comuns entre setores industriais brasileiros que diferem dos padrões propostos pela literatura. Por exemplo, o cluster com o maior índice sobre importância das atividades de inovação (que reforça as de pesquisa formal) foi o de número três, sendo que nas sementes o grupo de maior índice neste fator era o primeiro, que corresponde ao regime baseado em ciência. No fator sobre fontes de inovação, que denota maior interação com fontes externas, como universidades, centros de capacitação, instituições de testes e outras empresas do grupo (ver Tabela 3), os regimes com maior índice foram os regimes de processos básicos e baseado em ciência, que correspondem aos grupos dois e um. Contudo, entre os grupos formados na análise, o maior índice passou para o cluster de número três. Os grupos quatro e cinco mantiveram as mesmas posições relativas nos fatores em análise, os quais correspondiam inicialmente aos regimes de engenharia de produto e processos contínuos. A Tabela 8 sintetiza a análise, apresentando os valores das sementes e dos centróides finais da análise, bem como a posição relativa de cada grupo em cada fator.

Tabela 9. Centróides finais obtidos a partir da análise de *clusters*

	<i>Clusters</i>									
	1		2		3		4		5	
Centróides	valor	posição	valor	posição	Valor	posição	valor	posição	valor	posição
FAC1_G1	1,0187	2	-0,85875	4	1,56193	1	0,16163	3	-0,90576	5
FAC1_G2	0,40958	3	0,65084	2	2,46658	1	-0,27148	4	-0,79092	5
FAC1_G3	0,24356	3	0,85382	2	2,37931	1	-0,20838	4	-0,65884	5
FAC1_G4	0,58163	2	0,46058	3	1,30604	1	-0,54939	5	-0,35086	4
Tamanho	15		11		7		41		27	

Fonte: Elaborada pela autora.

Diante de tais resultados, a análise mostra que os grupos formados apresentam características distintas, tanto em termos de importância dos fatores em análise, mostrando diferentes combinações de características de estrutura industrial e de tecnologia para formar um regime tecnológico, como em termos de agrupamentos de setores semelhantes nestas características. Um aspecto interessante desta nova classificação é o desmembramento das cadeias produtivas em diferentes grupos. Os setores de fabricação de produtos têxteis, artigos do vestuário, calçados e alimentos, por exemplo, que eram classificados como processos contínuos, tiveram suas atividades distribuídas entre os grupos dois, quatro e cinco. No setor

químico, que era classificado em processos básicos, com exceção da indústria farmacêutica classificada como baseada em ciência, passou a se distribuir entre os grupos um, três e quatro, sendo que a indústria farmacêutica ingressou o mesmo grupo dos produtos químicos orgânicos e inorgânicos (grupo quatro), por exemplo. Estas observações permitem destacar dois pontos relevantes. O primeiro está na limitação das análises nas quais se trabalha, *a priori*, em grupos de setores industriais em níveis muito agregados, o que resulta em uma simplificação de resultados. O segundo está na importância dos estudos de cadeias produtivas, para superar a limitação do ponto anterior, dado que estes resultados obtidos reforçam as diferenças internas aos setores industriais. Contudo, a fim de clarear a discussão sobre os grupos formados neste trabalho em suas características e setores inclusos, o enfoque de análise estará centrado nestes grupos e não nas cadeias produtivas.

Os cinco grupos formados se mostram bastante consistente em termos das distâncias entre os centróides em cada fator analisado, pois, de modo geral, os patamares para cada fator estão em níveis bastante distintos. Tanto as médias iniciais (sementes), como os centróides obtidos na análise final estão na Tabela 8. Cada semente corresponde a um regime tecnológico, conforme a classificação de Marsili (2001), mas os centróides formados ao final da análise são distintos dos originais. O grupo de número três, por exemplo, mostrou-se como o centro da dinâmica tecnológica e com elevado grau de concentração, pois apresenta os maiores valores em todos os fatores. Os grupos de número um e dois possuem estão em um patamar abaixo do grupo três, mas com características distintas. No grupo um há mais oportunidades tecnológicas e maior concentração, mas as atividades inovativas têm caráter menos formal e as fontes de informação para inovar estão mais distantes das instituições externas que produzem conhecimento do que no grupo dois, no qual estas atividades e fontes de informação são relativamente mais importantes, mas a concentração e as oportunidades tecnológicas são menores.

Os grupos de número quatro e número cinco representam um patamar distinto, pois são marcados com menores oportunidades tecnológicas, maior importância das inovações em processo, caráter informal de atividades inovativas, como aquisição de máquinas, bem como maior importância de relações de mercado (clientes e fornecedores) para a inovação. Além disso, estes grupos possuem baixa concentração de mercado, com maior participação de empresas de pequeno e médio porte. Estas características representam, grosso modo, os traços principais dos grupos formados. Apesar de alguns destes traços se aproximarem dos regimes de Marsili (2001), como baixa concentração no grupo cinco e alta concentração no grupo três, outros elementos romperam com os padrões originais, como os elevados fatores do grupo três.

Além disso, os grupos formados em termos de setores industriais são muito diferentes e não representam mais as características dos processos de produção envolvidos, como no grupo três, no qual estão a produção de automóveis (sistemas complexos) e a produção de defensivos (processos básicos). Sendo assim, é necessária uma nova interpretação destes grupos, tentando apontar os elementos comuns que fazem com que tais indústrias apresentem semelhanças no Brasil, à luz da literatura sobre as características próprias de inovação e estrutura industrial dos países em desenvolvimento. Para avançar na exploração das características dos grupos, foram calculadas as médias dos *clusters* para as variáveis padronizadas produtividade média e taxas de entrada e saída, que permitem a inserção do caráter dinâmico na análise. Os testes de homogeneidade das variâncias e de diferença entre as médias foram significativos, de modo que a inclusão destas variáveis na discussão é consistente. Sendo assim, a discussão sobre os *clusters* formados na indústria brasileira, apesar destes terem sido construídos através de variáveis estáticas, apresenta elementos dinâmicos.

3.3.1.1 Setores dinâmicos em produtos inovadores

O cluster número três é o que teve maior destaque nos resultados obtidos. Este cluster obteve as maiores médias em todos os fatores em análise, indicando elevadas oportunidades tecnológicas em produtos, maior dedicação a atividades inovativas formais, interações importantes com fontes externas de ciência e tecnologia e elevada concentração de mercado. Com relação aos dados dinâmicos, este grupo teve a maior produtividade média, bem como a maior taxa de saída. A taxa de entrada foi a segunda mais elevada, que foi mais alta no *cluster* 2. A partir destes dados, é possível destacar alguns elementos. No âmbito sobre tecnologia e inovação, estes setores são marcados pela maior frequência das inovações em produto, associada com maior pessoal ocupado em P&D bem como maior receita dos produtos inovadores sobre o faturamento. Estes resultados são obtidos através de atividades formais de pesquisa, pois as atividades inovativas consideradas mais importantes são projetos industriais, aquisição externa de P&D, ainda que treinamento e introdução das inovações no mercado também sejam significativos. Contudo, os dados do grupo 2 indicam que a aquisição de máquinas não é a principal atividade para inovar, de modo que estes setores se dedicam ao desenvolvimento de capacitação interna. Os resultados do grupo de variáveis 3 indicam a importância das fontes externas de ciência e tecnologia, como universidades e centros de pesquisa, em detrimento de relações de mercado, como feiras, concorrentes e clientes. Desta

forma, estes são os setores marcadamente mais intensivos em inovação de produtos, de acordos com os dados em estudo.

No âmbito da estrutura de mercado e dinâmica industrial, estes setores estão associados à elevada concentração, com baixas taxas de participação de empresas pequenas e médias, conforme aponta a análise para o grupo de variáveis 4. A maior produtividade média do grupo pode estar relacionada com a maior receita de produtos inovadores, bem como a uma tendência na adoção de tecnologias poupadoras de trabalho. A taxa de entrada apresenta-se em um patamar relativamente alto, mas está associada à maior taxa de saída de todos os *clusters*, indicando as dificuldades associadas em permanecer em um setor com maior concorrência em inovações. Os setores na Tabela 10 estão ordenados pela distância euclidiana em relação ao centróide, de modo que o último setor (extração de minério de ferro) é o que guarda menores características com os padrões do *cluster*, enquanto os demais setores estão em distâncias semelhantes. Em comparação com a classificação inicial dos regimes tecnológicos, o *cluster* absorveu setores de quatro regimes diferentes, bem como diferentes partes da cadeia produtiva, o que indica que não a indústria brasileira não possui uma posição competitiva definida em um conjunto mais amplo de atividades relacionadas a uma mesma indústria. No entanto, destaca-se neste grupo o desenvolvimento alcançado na fabricação de automóveis, camionetas e utilitários, e fabricação de caminhões e ônibus.

Tabela 10. *Cluster* 3 – Dinâmicos em produtos inovadores

CNAE	Descrição	Distância euclidiana	Regime tecnológico
297	Fabricação de armas, munições e equipamentos militares**	0,33445	EP
246	Fabricação de defensivos agrícolas*	0,91328	PB
333	Fabricação de máquinas, aparelhos e equipamentos de sistemas eletrônicos dedicados a automação industrial e ao controle do processo produtivo	1,35704	EP
342	Fabricação de caminhões e ônibus*	1,38460	SC
341	Fabricação de automóveis, camionetas e utilitários**	1,39846	SC
302	Fabricação de máquinas e equipamentos de sistemas eletrônicos para processamento de dados	1,47095	BC
131	Extração de minério de ferro	4,08328	PB
Produtividade média		Taxa de entrada	Taxa de saída
1,00311		0,911344	0,879897

Fonte: Elaborada pela autora.

Notas: * Não há dados disponíveis sobre a taxa de entrada.

** Não há dados disponíveis sobre a taxa de entrada e de saída.

3.3.1.2 Setores dinâmicos em processos inovadores

O *cluster* 2 faz um contraponto importante ao *cluster* anterior. No âmbito de tecnologia e inovação, este *cluster* ficou na quarta posição entre as médias do fator 2, o que

indica que suas atividades inovações estão pautadas em processos e não em produtos, o que também está associado a menor participação do pessoal ocupado em P&D bem como de menor participação da receita de produtos inovadores. Com relação às atividades inovativas, o *cluster* tem as segundas maiores médias nos fatores 2 e 3, mas destaca-se que estas estão em um padrão significativamente menor do que o alcançado pelo *cluster* 1. Sendo assim, apesar de em menor importância, estes setores se dedicam à construção de capacitação interna para inovar e fazem uso das fontes externas de ciência e tecnologia. Por estes elementos, é possível afirmar que os setores deste *cluster* estão voltados para o desenvolvimento de processos inovadores, mantendo assim sua competitividade. Com relação à estrutura de mercado, existe uma tendência de concentração (terceira maior média), mas significativamente menor que a do *cluster* 3, de modo que a concentração pode estar compensada pela maior participação das empresas pequenas e médias. O padrão de competitividade se reflete no âmbito da dinâmica industrial do *cluster*, que possui a maior taxa de entrada e a menor taxa de saída. Sendo assim, tanto as barreiras estão mais enfraquecidas neste *cluster*. Contudo, a apropriabilidade dos ganhos obtidos parecem significativas, dado que a produtividade média está logo atrás do *cluster* dinâmico em produtos inovadores.

Tabela 11. *Cluster* 2 – Dinâmicos em processos inovadores

CNAE	Descrição	Distância euclidiana	Regime tecnológico
335	Fabricação de cronômetros e relógios*	0,53060	EP
234	Produção de álcool	0,74942	PB
211	Fabricação de celulose e outras pastas para a fabricação de papel	0,94312	PC
156	Fabricação e refino de açúcar	0,95069	PC
272	Siderurgia	1,13237	PC
160	Fabricação de produtos do fumo*	1,14558	PC
313	Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados*	1,20852	BC
314	Fabricação de pilhas, baterias e acumuladores elétricos*	1,23173	BC
153	Produção de óleos e gorduras vegetais e animais	1,23400	PC
262	Fabricação de cimento*	1,47712	PC
352	Construção, montagem e reparação de veículos ferroviários	1,73282	SC
Produtividade média		Taxa de entrada	Taxa de saída
0,81590		1,527269	-0,28884

Fonte: Elaborada pela autora.

Nota: * Não há dados disponíveis sobre a taxa de entrada.

3.3.1.3 Setores dinâmicos em produtos maduros

Este *cluster* esta relativamente mais voltado para a inovação em produtos, ainda que em menor intensidade que o *cluster* 3. Contudo, a intensidade dos esforços inovativos está em patamar significativamente menor, com a terceira média nos fatores 2 e 3. Desta forma, no

âmbito de tecnologia e inovação, este *cluster* está marcado por alguma diferenciação de produtos, mas com menor preocupação na aquisição de capacitação interna e fazendo menor uso das fontes externas de ciência e tecnologia. A concentração de mercado é maior do que no *cluster 2*, mas não é tão acentuada quanto no *cluster 1*, de modo que também deve ocorrer maior participação de pequenas e médias empresas. As taxas de entrada e de saída situam-se em um patamar mais baixo, indicando, possivelmente, barreiras em escala, pois estas são mais relevantes para produtos maduros e há indicação de menos esforços na aquisição de capacitações tecnológicas. Fazendo uso das vantagens de estar estabelecida em um mercado, os setores deste *cluster* mantêm um patamar intermediário em termos de produtividade média, situando-se abaixo dos *clusters* já apresentados.

Tabela 12. *Cluster 1* – Dinâmicos em produtos maduros

CNAE	Descrição	Distância euclidiana	Regime tecnológico
343	Fabricação de cabines, carrocerias e reboques	0,44745	SC
323	Fabricação de aparelhos receptores de rádio e televisão e de reprodução, gravação ou amplificação de som e vídeo	0,46221	BC
298	Fabricação de eletrodomésticos	0,82196	EP
322	Fabricação de aparelhos e equipamentos de telefonia e radiotelefonia e de transmissores de televisão e rádio	0,96861	BC
232	Fabricação de produtos derivados do petróleo*	0,99472	PB
316	Fabricação de material elétrico para veículos – exceto baterias	1,00084	BC
282	Fabricação de tanques, caldeiras e reservatórios metálicos	1,00097	EP
334	Fabricação de aparelhos, instrumentos e materiais ópticos, fotográficos e cinematográficos*	1,06163	BC
243	Fabricação de resinas e elastômeros*	1,07691	PB
332	Fabricação de aparelhos e instrumentos de medida, teste e controle - exceto equipamentos para controle de processos industriais	1,07898	EP
353	Construção, montagem e reparação de aeronaves*	1,19966	SC
223	Reprodução de materiais gravados*	1,22945	PC
244	Fabricação de fibras, fios, cabos e filamentos contínuos artificiais e sintéticos*	1,52869	PB
261	Fabricação de vidro e de produtos do vidro	1,63687	PC
301	Fabricação de máquinas para escritório*	1,77009	BC
	Produtividade média	Taxa de entrada	Taxa de saída
	0,42336	-0,07943	0,001577

Fonte: Elaborada pela autora.

Nota: * Não há dados disponíveis sobre a taxa de entrada.

3.3.1.4 Setores tradicionais

Os *clusters 4* e *5* diferem significativamente dos *clusters* anteriores. Estes *clusters* absorveram parte expressiva (mais de 80%) dos setores classificados no regime de processos contínuos. No entanto, a divisão deste regime entre estes dois *clusters* tem características interessantes. O *cluster 4* situa-se num patamar intermediário no fator 1, de modo que existe

uma combinação de inovação em produto e em processos. Com relação aos fatores 2 e 3, há uma redução clara, dado que o *cluster* possui a quarta posição relativa. Sendo assim, as atividades inovativas formais perdem importância e a dependência de tecnologia através da aquisição de máquinas e equipamentos se torna mais evidente, sem que ocorram maiores esforços inovativos para a aquisição de capacitações. De modo correspondente, as fontes externas de ciência e tecnologia não são mais acessadas e as interações no mercado, como consultorias, fornecedores e clientes. Sendo assim, no âmbito da ciência e tecnologia, os setores neste *cluster* apresentam nível superior ao *cluster* 5, mas abaixo dos *clusters* 1, 2 e 3. A estrutura de mercado, no entanto, é a menos concentrada, conforme o fator 4, indicando grande participação de empresas pequenas e médias. As taxas de entrada e saída são baixas, sem que isso possa estar associado, contudo, a barreiras em escala ou tecnologia. De forma que a estrutura de mercado pulverizada deve ser responsável por estas baixas taxas. A produtividade média deste *cluster* também situa-se abaixo dos níveis anteriores, indicando menor apropriação.

Tabela 13. *Cluster* 4

(continua)

CNAE	Descrição	Distância euclidiana	Regime tecnológico
154	Laticínios	0,37197	PC
284	Fabricação de artigos de cutelaria, de serralheria e ferramentas manuais	0,40109	EP
241	Fabricação de produtos químicos inorgânicos	0,44640	PB
275	Fundição	0,47349	PC
321	Fabricação de material eletrônico básico	0,47474	BC
263	Fabricação de artefatos de concreto, cimento, fibrocimento, gesso e estuque	0,52362	PC
193	Fabricação de calçados	0,52558	PC
291	Fabricação de motores, bombas, compressores e equipamentos de transmissão	0,52907	EP
248	Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins	0,55848	PB
242	Fabricação de produtos químicos orgânicos	0,60241	PB
175	Acabamento em fios, tecidos e artigos têxteis, por terceiros	0,61084	PC
249	Fabricação de produtos e preparados químicos diversos	0,63245	PB
369	Fabricação de produtos diversos	0,65338	PC
172	Fiação	0,66767	PC
361	Fabricação de artigos do mobiliário	0,68123	PC
296	Fabricação de outras máquinas e equipamentos de uso específico	0,70313	EP
315	Fabricação de lâmpadas e equipamentos de iluminação	0,76739	BC
214	Fabricação de artefatos diversos de papel, papelão, cartolina e cartão	0,76796	PC
344	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	0,79618	SC
312	Fabricação de equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica	0,85111	BC
155	Moagem, fabricação de produtos amiláceos e de rações balanceadas para animais	0,85189	PC
292	Fabricação de máquinas e equipamentos de uso geral	0,86957	EP
319	Fabricação de outros equipamentos e aparelhos elétricos	0,87313	BC

(continua)

CNAE	Descrição	Distância euclidiana	Regime tecnológico
247	Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza e artigos de perfumaria	0,89598	PB
273	Fabricação de tubos - exceto em siderúrgicas	0,90019	PC
191	Curtimento e outras preparações de couro	0,90771	PC
345	Recondicionamento ou recuperação de motores para veículos automotores	0,92760	SC
311	Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos	0,93243	BC
293	Fabricação de tratores e de máquinas e equipamentos para a agricultura, avicultura e obtenção de produtos animais	0,93276	EP
245	Fabricação de produtos farmacêuticos	0,95100	BC
252	Fabricação de produtos de material plástico	0,95554	EP
359	Fabricação de outros equipamentos de transporte	0,96858	SC
202	Fabricação de produtos de madeira, cortiça e material trançado - exceto móveis	0,97942	PC
176	Fabricação de artefatos têxteis a partir de tecidos - exceto vestuário - e de outros artigos têxteis	1,05131	PC
173	Tecelagem - inclusive fiação e tecelagem	1,05341	PC
151	Abate e preparação de produtos de carne e de pescado	1,07617	PC
295	Fabricação de máquinas e equipamentos de uso na extração mineral e construção	1,08240	EP
182	Fabricação de acessórios do vestuário e de segurança profissional	1,14816	PC
159	Fabricação de bebidas	1,18522	PC
174	Fabricação de artefatos têxteis, incluindo tecelagem	1,45693	PC
331	Fabricação de aparelhos e instrumentos para usos médico-hospitalares, odontológicos e de laboratórios e aparelhos ortopédicos	1,79014	EP
	Produtividade média	Taxa de entrada	Taxa de saída
	-0,30958	-0,31145	-0,22152

Fonte: Elaborada pela autora.

O último *cluster* identificado teve os valores mais baixos em todos os fatores analisados, com exceção do fator 4. Portanto, no âmbito de tecnologia e inovação, este setor é o que tem menor frequência de inovações, que quando ocorrem, são predominantemente de processo. Essa constitui uma característica marcante também do regime de processos contínuos, que é a classificação de mais de 60% dos setores inclusos neste *cluster*. Outra característica comum é a perda de importância das atividades inovativas formais para a aquisição de tecnologia incorporada em máquinas e equipamentos, conforme indica o fator 2. O fator três mostra que as fontes externas de tecnologia não são mais a fonte de inovações, pois as fontes mais relevantes agora são as de mercado, com clientes e feiras, ou em outras áreas da firma, como vendas ou na manufatura, pois não há esforços de P&D (fator 1 baixo também indica pouco pessoal ocupado em P&D). Desta forma, os setores deste grupo não possuem dinâmica inovadora, o que indica que estão voltados para produtos já estabelecidos no mercado e com poucas possibilidades de especialização ou diversificação, distinguindo-os do *cluster* 4, no qual estes elementos ainda estão presentes em alguma medida.

Em um mercado com maior uniformidade de produtos e pouca margem de diferenciação, os ganhos de escala se tornam mais presentes, indicando uma concentração relativamente maior que o *cluster 4* no fator referente à estrutura de mercado. As taxas de entrada e saída também são maiores que no *cluster 4*, indicando maiores pressões competitivas que devem ocorrer através de preços. A produtividade média é a mais baixa entre os cinco *clusters* analisados, reforçando o menor retorno associado a estes setores. Sendo assim, a dinâmica industrial associada aos setores deste *cluster* é a mais distante em termos de inovação e tecnologia, bem como nos ganhos de produtividade decorrentes e nas barreiras tecnológicas que garantem participação no mercado.

Tabela 14. *Cluster 5*

CNAE	Descrição	Distância euclidiana	Regime tecnológico
222	Impressão e serviços conexos para terceiros	0,16084	PC
281	Fabricação de estruturas metálicas e obras de caldeiraria pesada	0,36393	EP
251	Fabricação de artigos de borracha	0,56811	EP
294	Fabricação de máquinas-ferramentas	0,61147	EP
158	Fabricação de outros produtos alimentícios	0,61382	PC
142	Extração de outros minerais não-metálicos	0,67150	PB
213	Fabricação de embalagens de papel ou papelão	0,71938	PC
212	Fabricação de papel, papelão liso, cartolina e cartão	0,72919	PC
152	Processamento, preservação e produção de conservas de frutas, legumes e outros vegetais	0,73510	PC
221	Edição; edição e impressão	0,76472	PC
177	Fabricação de tecidos e artigos de malha	0,84572	PC
201	Desdobramento de madeira	0,85676	PC
269	Aparelhamento de pedras e fabricação de cal e de outros produtos de minerais não-metálicos	0,88430	PC
181	Confecção de artigos do vestuário	1,03905	PC
283	Forjaria, estamparia, metalurgia do pó e serviços de tratamento de metais	1,04161	EP
274	Metalurgia de metais não-ferrosos	1,17343	PC
157	Torrefação e moagem de café	1,17677	PC
372	Reciclagem de sucatas não-metálicas	1,18900	PC
192	Fabricação de artigos para viagem e de artefatos diversos de couro	1,18994	PC
289	Fabricação de produtos diversos de metal	1,25883	EP
141	Extração de pedra, areia e argila	1,30491	PB
171	Beneficiamento de fibras têxteis naturais	1,37107	PC
264	Fabricação de produtos cerâmicos	1,45958	PC
271	Produção de ferro-gusa e de ferroligas*	2,06865	PC
351	Construção e reparação de embarcações	2,16900	SC
132	Extração de minerais metálicos não-ferrosos	2,36306	PB
371	Reciclagem de sucatas metálicas	2,59664	PC
	Produtividade média	Taxa de entrada	Taxa de saída
	-0,39350	-0,05012	0,082421

Fonte: Elaborada pela autora.

Notas: * Não há dados disponíveis sobre a taxa de entrada e de saída.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Três etapas foram necessárias para a realização do objetivo deste capítulo, qual seja, efetuar um mapeamento empírico de regimes tecnológicos para a indústria nacional. A primeira foi efetuada na seção 3.1, que faz a discussão teórica do conceito de regimes tecnológicos, destacando o diferencial da proposta de Marsili (2001). A etapa seguinte foi testar se esta tipologia permitia a mesma classificação dos setores industriais brasileiros, através de análise discriminante. Os resultados desta análise são apresentados de forma comparativa aos obtidos por Marsili e Verspagem (2002), que foi o trabalho de referência metodológica. Verificada a inadequação da tipologia de Marsili (2001) para a classificação dos setores industriais brasileiros, considerando que a mesma foi construída através de indicadores para os PDs, buscou-se trazer, ainda que de forma apenas exploratória, quais seriam os regimes tecnológicos que poderiam se agrupar a indústria nacional, através da análise de *clusters*. Todos os métodos estatísticos utilizados foram descritos na seção 3.2.

Em estudo da Associação Nacional de Pesquisa, Desenvolvimento & Engenharia das Empresas Inovadoras – ANPEI, Arruda, Vermulm e Hollanda (2006) exploraram alguns dos resultados da PINTEC 2000-2003 para a agregação de três dígitos CNAE. Os resultados apresentados pelos autores corroboram alguns dos resultados apresentados na seção anterior, pois setores de setores de caminhões e ônibus, de automóveis, camionetas e utilitários e de máquinas e equipamentos de informática, que entraram no *cluster* 3 (dinâmico em produtos inovadores) figuram entre os de maior taxa de inovação e intensidade tecnológica. Além disso, os autores corroboram a hipótese de que as maiores empresas são as que devotam maiores recursos para P&D, tal como mostraram ser mais concentrados os *clusters* 1, 2 e 3. Contudo, os autores ressaltam que os resultados obtidos a partir da PINTEC daquele ano reforçam a seletividade da indústria nacional em relação aos gastos em P&D, pois este ano foi o de menor taxa de crescimento do PIB desde 2000 (1,15%, conforme a nova base das contas nacionais do IBGE).

Sendo assim, apesar das restrições que envolvem todos os trabalhos empíricos, como deficiências da amostra na qualidade dos dados ou no tamanho, compatibilidade de diferentes pesquisas, entre outros, incluindo, neste caso, os problemas decorrentes das restrições econômicas enfrentadas pela economia no ano de referência da PINTEC, é possível dizer que os resultados reforçam a hipótese de que os regimes tecnológicos observados para o Brasil não correspondem aos que são traçados pela literatura internacional sobre os PDs. As possibilidades que podem ser exploradas a partir destes resultados deste tipo de análise podem

trazer contribuições significativas para a elaboração de políticas industriais adequadas às características internas às indústrias. O grau de desagregação é um ponto relevante neste sentido, reforçando a grande heterogeneidade que marca os diferentes elos das cadeias produtivas nacionais. Contudo, a elaboração de agrupamentos setoriais mais homogêneos, com a combinação de setores a 4, 3 e 2 dígitos, elaborados de acordo com características setoriais poderiam ser mais adequados, mas requerem um esforço analítico multidisciplinar, em especial, da engenharia, para que a formação dos grupos seja coerente. Outra possibilidade que pode trazer contribuições interessantes seria a inserção de elementos de comércio internacional, que não são traçados por Marsili (2001), mas são muito relevantes para a dinâmica tecnológica interna, conforme apontam trabalhos como os de Costa (2003) e Salerno e De Negri (2005). Enfim, os resultados obtidos reforçam a importância dos avanços dos estudos da linhagem neo-schumpeteriana e evolucionária sob a perspectiva dos PEDs, dada a importância do progresso técnico para o desenvolvimento, que é reconhecida por todas as linhas de pesquisa da ciência econômica.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo desta dissertação foi realizar uma análise empírica para a indústria brasileira através da abordagem de regimes tecnológicos. A opção por esta abordagem decorre de sua maior abrangência para lidar com a concorrência schumpeteriana, pois ela envolve a análise de características de processos inovativos próprios às indústrias e de estrutura e dinâmica industrial. Esta integração é feita através do conceito de barreiras tecnológicas à entrada, pois se reconhece que a dinâmica interna a um setor imposta por seus processos inovativos é capaz de definir condições, incentivos ou barreiras à entrada mais efetivas do que as tradicionalmente mensuradas pela literatura, como volume de capital e taxa de lucratividade. O pressuposto desta análise é de que as condições de estrutura de mercado são geradas endogenamente ao processo evolucionário de concorrência schumpeteriana. As empresas que inovam e são bem sucedidas, crescem e aumentam sua participação de mercado, sendo a concentração de mercado uma consequência e não a origem de seu sucesso. Contudo, este processo de evolução depende das condições do processo inovativos. Em indústrias nas quais existem fracas barreiras tecnológicas à entrada, ou seja, o conhecimento gerado pelas empresas na indústria pode ser mais facilmente acessado por possíveis entrantes, maiores são as dificuldades das empresas estabelecidas em sustentar suas fatias de mercado, reduzindo a concentração.

A breve discussão apresentada no capítulo 2 buscou traçar algumas das relações relevantes já apontadas na literatura neo-schumpeteriana e evolucionária sobre tecnologia e dinâmica industrial. Em especial, esta literatura reconhece que, apesar da grande diversidade entre as firmas que pode ser encontrada dentro de um setor industrial, bem como das diferenças no ambiente institucional de cada país ou região que interferem no processo de mudança técnica, é possível identificar padrões setoriais de inovação e dinâmica industrial, dando suporte, desta forma, ao conceito de regimes tecnológicos. Portanto, a partir desta literatura é possível construir o conceito de regimes tecnológicos na concepção de Marsili (2001), retomando a perspectiva de Winter (1984) e de Nelson e Winter (1982), centrada na discussão sobre como os processos inovativos de cada regime podem condicionar e determinar a estrutura e dinâmica industrial.

Contudo, apesar do amplo desenvolvimento desta literatura no período recente, cabe destacar o pouco espaço dedicado às características destas relações nos países em

desenvolvimento. Nestes países, o processo de mudança técnica não está em busca de alcançar inovações na fronteira tecnológica ou de definir novos paradigmas. Inversamente, estes países assumem um papel passivo na mudança técnica, com esforços inovativos voltados apenas para o uso das tecnologias geradas pelos países desenvolvidos. Tais esforços, portanto, não ocorrem principalmente através de P&D, mas por treinamento e aquisição de máquinas e equipamentos. A adoção desta estratégia faz com que permaneça e se amplie o hiato tecnológico que existe entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento.

Reduzir este hiato tecnológico não significa, contudo, simplesmente reduzir os gastos com máquinas e equipamentos e aumentar os gastos em P&D. O esforço inovativo necessário aos países em desenvolvimento ainda é de outra natureza. Enquanto a mudança técnica nos países desenvolvidos depende principalmente da criação, que pode ser traduzida nos gastos em P&D, nos países em desenvolvimento a mudança técnica inicia pela cópia, imitação, adaptação e melhoria das tecnologias que já foram criadas. Os esforços inovativos, desta forma, devem combinar a importação de tecnologia e o investimento no aprendizado e desenvolvimento tecnológicos local. Isto cria a possibilidade de realização de inovações incrementais e a capacitação tecnológica necessária para identificar e alcançar uma “janela de oportunidade” e prosseguir no processo de *catching up*.

Por estas características, o conceito de Sistemas Nacionais de Aprendizagem é mais adequado a estes países do que o conceito de Sistemas Nacionais de Inovação. Enquanto o conceito de SNI está centrado na criação de novas tecnologias, o SNA está voltado para os processos de cópia, imitação, e aprimoramento das tecnologias absorvidas. O processo de mudança técnica dos países em desenvolvimento, portanto, requer aprendizado, que compreende os processos de absorção das inovações geradas em outros lugares e sua melhoria através de inovações incrementais. A estratégia tecnológica de aprendizado dos países em desenvolvimento precisa estar centrada no desenvolvimento de capacitações internas que os permita obterem maior domínio e habilidade sobre o conhecimento adquirido, ou seja, a adoção de uma estratégia tecnológica de aprendizado ativo.

Considerando que a mudança técnica nos países em desenvolvimento difere da dos países desenvolvidos, é necessário ampliar a discussão sobre quais são suas características de processos inovativos, de modo que se avance na elaboração de políticas que sejam adequadas a estes países e que possam ajudar na expansão do processo de aprendizado ativo. Neste sentido, uma contribuição para esta discussão pode ser feita através da observação dos limites da literatura quanto à sua aplicação aos países em desenvolvimento. Em especial, os padrões

de mudança técnica e de processos inovativos destes países podem não ser claramente identificados nestes países tal como são nos países desenvolvidos.

A aplicação de regimes tecnológicos desta dissertação parte desta questão: é possível classificar os setores industriais em regimes tecnológicos conforme estabelece a literatura para os países desenvolvidos? Para realizar esta investigação, foi realizada uma discussão sobre os regimes tecnológicos em perspectiva teórica e empírica, apresentada no capítulo 3. A discussão teórica está voltada para os principais autores que trataram do conceito de regimes tecnológicos e da diferença dos mesmos em relação ao trabalho de Marsili (2001). A aplicação empírica, por sua vez, desenvolve-se a partir do trabalho de Marsili e Verspagen (2002), que fez a identificação dos regimes tecnológicos de Marsili (2001) para a Holanda. Evidentemente, são grandes os limites da adaptação da metodologia. Estes limites envolvem desde a seleção de dados, sua disponibilidade e de níveis de agregação adequados à análise, até a definição de procedimentos estatísticos compatíveis e suas próprias restrições.

Mesmo levando em conta tais limitações, os resultados da análise indicaram claramente que não é possível atribuir uma correspondência adequada entre os regimes tecnológicos de Marsili (2001) e a indústria brasileira. Os grupos de setores formados de acordo com a tipologia não se mostraram significativamente distintos para que a classificação estabelecida *a priori* fosse confirmada *a posteriori*. Com o objetivo de obter novas inferências sobre quais os padrões que podem marcar os regimes tecnológicos presentes no Brasil, a análise avançou para a construção de *clusters*, nos quais foram observadas novamente diferenças expressivas em relação aos padrões estabelecidos pelos regimes tecnológicos de Marsili (2001), tanto em termos de indicadores quanto em termos de classificação dos grupos.

As razões para esta classificação diferente da tipologia original requerem maiores investigações, mas pode-se afirmar que repousam principalmente em dois aspectos que podem ser desprezados das análises realizadas. O primeiro está justamente nas características próprias do processo de mudança técnica de países em desenvolvimento como o Brasil. Como estes países não foram capazes de internalizar o desenvolvimento tecnológico que marca setores que se desenvolvem na fronteira, entre os quais o de materiais eletrônicos e o farmacêutico, os processos inovativos dos mesmos assumem um caráter passivo e que depende da importação de tecnologia. Além desses, outros setores como os do regime de engenharia de produto, que abarca a indústria de bens de capital, também não lograram acompanhar os avanços estabelecidos nos países desenvolvidos. As idiosincrasias dos setores industriais envolvem ainda outros aspectos, pois muitos dos setores que não são marcados pela liderança em taxas de inovação nos países desenvolvidos, estabelecem nos países em

desenvolvimento maior taxa de inovação comparativamente aos setores que deveriam ser os líderes (como os baseados em ciência). São exemplos deste caso as indústrias de automóveis, de caminhões e de defensivos agrícolas. O segundo aspecto desta questão refere-se às diferenças presentes entre as etapas ou partes das cadeias produtivas. Muitos dos grupos (3 dígitos) que pertencem a uma mesma divisão CNAE (2 dígitos) entraram em diferentes grupos de análise, sendo que a classificação *a priori* realiza pouca diferenciação nas etapas envolvidas do processo produtivo, como a fabricação de celulose e a fabricação de papel e papelão, a ampla gama de produtos fabricados na indústria química, entre outros exemplos que se mostraram com características bastantes distintas na análise realizada.

Por fim, diante dos resultados alcançados, os quais estão alinhados com outros estudos realizados para o Brasil, abrem-se novas frentes de pesquisa. A abordagem de regimes tecnológicos se diferencia das demais por tratar, em conjunto, a discussão sobre padrões de atividade inovativa e dinâmica industrial. O estudo mostrou a forte relação entre estes elementos de análise, contribuindo para a discussão sobre como se poderiam estabelecer políticas industriais adequadas para estimular inovação, dado o seu forte vínculo com a concentração de mercado, o que na perspectiva neo-schumpeteriana é o próprio resultado do processo de concorrência. Além disso, avanços importantes podem ser estabelecidos para entender as razões que fazem com que os diferentes elos das cadeias produtivas se rompam quando analisados na perspectiva dos regimes e, ao mesmo tempo, passem a se unir, por suas características de regimes tecnológicos, em grupos compostos por setores distantes de suas cadeias. Desta forma, o esforço realizado nesta dissertação representa uma pequena contribuição ao vasto caminho a ser percorrido pelos estudos sobre tecnologia e dinâmica industrial na perspectiva dos países em desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- ABERNATHY, W.; UTTERBACK, J. A dynamic model of product and process innovation. **Omega**, Dearborn, v. 3, n.3, p. 639-656, 1975.
- ACZEL, A. **Complete business statistics**. 2nd. ed. Homewood: Irwin, 1993.
- ALBUQUERQUE, E. M. Notas sobre os determinantes tecnológicos do catching up: uma introdução à discussão sobre o papel dos sistemas nacionais de inovação na periferia. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 221-253, maio/ago. 1997.
- ALMEIDA, S. Concorrência e mudança técnica: aportes e limites dos modelos neo-schumpeterianos evolucionários de dinâmica industrial. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 290-316, abr./jun. 2006.
- ALMEIDA, S. **Dinâmica industrial e cumulatividade tecnológica**. Rio de Janeiro: BNDES, 2004. 26º Prêmio BNDES de Economia.
- ANDERSEN, E. S. **Evolutionary economics: post-schumpeterian contributions to evolutionary economics**. London: Pinter, 1996.
- ARRUDA, M.; VERMULM, R.; HOLLANDA, S. **Inovação tecnológica no Brasil: a indústria em busca da competitividade global**. São Paulo: ANPEI, 2006.
- BELL, M.; PAVITT, K. Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries. **Industrial and Corporate Change**, Oxford, v.2, n. 2, p. 157-211, 1993.
- BOLCH, B.; HUANG, C. **Multivariate statistical methods for business and economics**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1974.
- BRESCHI, S.; MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Technological regimes and schumpeterian patterns of innovation. **The Economic Journal**, London, v.110, p.388-410, Apr. 2000.
- CARLSSON, B. *et al.* Innovation systems: analytical and methodological issues. **Research Policy**, Amsterdam, v. 31, p. 233-245, 2002.
- CARLSSON, B.; ELIASSON. Industrial dynamics and endogenous growth. **Industry and Innovation**, Frederiksberg, v. 10, n. 4, p. 435-455, Dec. 2003.
- CARLSSON, B.; STANKIEWICZ, R. On nature, function and composition of technological systems. **Journal of Evolutionary Economics**, Heidelberg, v. 1, p. 93-118, 1991.
- CASTELLACCI, F. **How does innovation differ across sectors in Europe?** Evidence from the CIS-SIEPI database. Oslo: University of Oslo, March 2004. (Working Paper 04/04).
- CASTRO, A. B. de; SOUZA, F. E. P. de. **A economia brasileira em marcha forçada**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985.
- CAYSEELE, P. J. G. van. Market structure and innovation: a survey of the last twenty years. **De Economist**, Amsterdam, v.146, n.3, p.391-417, 1998.

CHIAROMONTE, F.; DOSI, G. Heterogeneity, competition, and macro-economic dynamics. **Structural Change and Economic Dynamics**, Amsterdam, v. 4, n.1, p. 39-63, 1993.

COOMBS, R. Technological opportunities and industrial organization. IN: DOSI, G. *et al.* **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988. Cap.19.

COOMBS, R.; SAVIOTTI, P.; WALSH, V. Patterns of innovation. IN:_____. **Economics and technological change**. New Jersey: Rowman & Littlefield, 1987. Cap. 5.

COSTA, I. **Empresas multinacionais e capacitação tecnológica na indústria brasileira**. 2003. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

DASGUPTA, P.; STIGLITZ, J. E. Industrial structure and the nature of innovative activity. **The Economic Journal**, London, v. 90, p.266-293, June 1980.

DIJK, M. van. Technological regimes and industrial dynamics: the evidence from Dutch manufacturing. **Industrial and Corporate Change**, Oxford, v.9, n.2, p.173-194, 2000.

DOSI, G. *et al.* **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988.

DOSI, G. **Mudança técnica e transformação industrial: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores**. Campinas: UNICAMP, 2006.

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

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. **Research Policy**, Amsterdam, n. 11, p. 147-162, 1982.

DOSI, G. The nature of the innovative process. IN: DOSI, G. *et al.* **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988b. Cap. 10.

DOSI, G.; PAVITT, K.; SOETE, L. **The economics of technical change and international trade**. New York: Harvester Wheatsheaf, 1990.

DOSI, G.; SOETE, L. Technical change and international trade. IN: DOSI, G. *et al.* **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988. Cap.19.

DUNNING, J. H. (Org.). **Regions, globalization, and the knowledge-based economy**. Oxford: Oxford University Press, 2000.

EDQUIST, C. **Systems of innovation approaches: technologies, institutions and organizations**. London: Pinter, 1997.

FAGERBERG, J. Technology and international differences in growth rates. **Journal of Economic Literature**, Pittsburgh, v.32, n.3, p.1147-1175, Sept. 1994.

FISHER, R. The statistical utilization of multiple measurements. **Annals of Eugenics**, London, v. 8, p. 176-186, 1938.

FISHER, R. The use of multiple measurement in taxonomic problems. **Annals of Eugenics**, London, v. 7, p. 179-188, 1936.

FREEMAN, C. Japan: a new national system of innovation. IN: DOSI, G. *et al.* **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988. Cap. 16.

FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance: lessons from Japan**. London: Pinter, 1987.

FREEMAN, C. The economics of technical change. **Cambridge Journal of Economics**, London, v.18, n.5, p.463-514, Oct. 1994.

GARCIA, R. A importância da dimensão local da inovação e a formação de *clusters* em setores de alta tecnologia. **Estudos FEE**, Porto Alegre, v. 22, n.1, p. 115-142, 2001.

GONÇALVES, E.; SIMÕES, R. Padrões de esforço tecnológico da indústria brasileira: uma análise setorial a partir de técnicas multivariadas. **Revista Economia**, Brasília, v.6, n.2, p.391-433, jul./dez. 2005.

GUERRIERI, P.; PIETROBELLI, C. Models of industrial districts' evolution and changes in technological regimes. IN: DRUID SUMMER CONFERENCE, 2000, Rebuild. **Conference Papers**. Disponível em: <<http://www.druid.dk/index.php?id=21>>. Acesso em: 10 out. 2005.

HAIR, J.; ANDERSON, R. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HALL, B. **Innovation and diffusion**. Cambridge: NBER, Jan. 2004. (NBER Working Paper n.10212).

JOHNSON, R.; WICHERN, D. **Applied multivariate statistical analysis**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998.

JONG, P. J.; MARSILI, O. The fruit flies of innovation: a taxonomy of innovative small firms. **Research Policy**, Amsterdam, v.35, p.213-229, 2006.

KAMIEN, M. I.; SCHWARTZ, N. L. **Market structure and innovation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.

KANNEBLEY JÚNIOR, S.; PORTO, G.; PAZELLO, E. Inovação na indústria brasileira: uma análise exploratória a partir da PINTEC. **Revista Brasileira de Inovação**, Rio de Janeiro, v.3, n.1, p. 87-128, jan./jun. 2004.

KATZ, J. A dinâmica do aprendizado tecnológico no período de substituição de importações e as recentes mudanças estruturais no setor industrial da Argentina, do Brasil e do México. IN: KIM, L.; NELSON, R. **Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente**. Campinas: UNICAMP, 2005. Cap. 10.

KUHN, T. **The structure of scientific revolutions**. Chicago: Chicago University, 1962.

LAKATOS, I. **The methodology of scientific research programmes**. Cambridge: Cambridge University, 1978.

LALL, S. Technological capabilities and industrialization. **World Development**. Oxford, v.20, n.2, p.165-186, Feb. 1992.

LASTRES, H. *et al.* Globalização e inovação localizada. IN: LASTRES, H.; CASSIOLATO, J. **Globalização e inovação localizada**: experiências de sistemas locais do Mercosul. Brasília: IBICT/MCT, 1999. p.31-71.

LAZONICK, W. **The theory of innovative enterprise**. Fontainebleau: INSEAD, March 2001. (Working Paper INSEAD).

LEONCINI, R. System views of the process of technological change. **Dynamis Quaderni**, Milano, n.1, Aug. 11th, 2000.

LEVIN, R. C.; COHEN, W. M.; MOWERY, D. C. R&D appropriability, opportunity, and market structure: new evidence on some schumpeterian hypotheses. **American Economic Review**, Nashville, v.75, n.2, p.20-24, May 1985.

LUNDEVALL, B. *et al.* Absorptive capacity, forms of knowledge and economic development. IN: GLOBELICS INTERNATIONAL CONFERENCE, 2nd, 2004, Pequim. **Conference Papers**. [S.l.: S.n.], 2004.

LUNDEVALL, B. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. IN: DOSI, G. *et al.* **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988. Cap. 17.

LUNDEVALL, B. **National systems of innovation**: towards a theory of innovation and interactive learning. London: Pinter, 1992.

MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Knowledge, innovative activities and industrial evolution. **Industrial and Corporate Change**, Oxford, v. 9, n. 2, p.289-314, 2000.

MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Schumpeterian patterns of innovation are technology – specific. **Research Policy**, Amsterdam, v.25, p.451-478, 1996.

MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Technological regimes and firm behavior. **Industrial and Corporate Change**, Oxford, v. 2, n. 1, p.45-71, 1993.

MALERBA, Franco. Sectoral systems of innovation and production. **Research Policy**, Amsterdam, v. 31, p. 247-264, 2002.

MAROCO, J. **Análise estatística com a utilização do SPSS**. 2. ed. Lisboa: Silabo, 2003.

MARSILI, O. **Technological regimes**: theory and evidence. Nov. 1999. Disponível em: <http://www.lem.sssup.it/Dynacom/files/D20_0.pdf>. Acesso em: 20 out. 2005.

MARSILI, O. **The anatomy and evolution of industry**: technological change and industrial dynamics. Cheltenham: Edward Elgar, 2001.

MARSILI, O.; VERSPAGEN, B. **Technological regimes and innovation**: Looking for regularities in Dutch manufacturing. Eindhoven, 2001. Disponível em: <http://www.druid.dk/conferences/nw/paper1/MarsiliVerspagen.pdf>. Acesso em: 19 maio 2006.

MARSILI, O.; VERSPAGEN, B. Technology and the dynamics of industrial structures: an empirical mapping of Dutch manufacturing. **Industrial and Corporate Change**, Oxford, v.11, n.4, p.791-815, 2002.

METCALFE, J. S. **Evolutionary economics and creative destruction**. London: Graz Schumpeter Society, 1998.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

NELSON, R. Bringing institutions into evolutionary growth theory. **Journal of Evolutionary Economics**, Heidelberg, v.12, n.1, p.17-28, 2002.

NELSON, R. **National innovation systems**: a comparative analysis. New York: Oxford University Press, 1993.

NELSON, R. The agenda for growth theory: a different point of view. **Cambridge Journal of Economics**, London, v.22, n.4, p.497-520, 1998.

NELSON, R.; WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge: Harvard University Press, 1982.

NELSON, R.; WINTER, S. In search of a useful theory of innovations. **Research Policy**, Amsterdam, v.6, n.1, p.36, 1977.

NORUSIS, M. **SPSS professional statistics 6.1**: Manual. Chicago: SPSS Inc., 1994.

O'SULLIVAN, Mary. The innovative enterprise and corporate governance. **Cambridge Journal of Economics**, London, v.24, p.393-416, 2000.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, Amsterdam, v.13, n.6, p.343-373, 1984.

PEETERS, L.; SWINNEN, G.; TIRI, M. **Patterns of innovation in the Flemish business sector**: A multivariate analysis of CIS-3 firm-level data. IWT Monitoring and Analyse (M&A), Brussels, n.47, March 2004. Disponível em: <<http://www.iwt.be/downloads/publicaties/observatorium/obs47.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2006.

PEREZ, C.; SOETE, L. Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity. IN: DOSI, G. *et al.* **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988. Cap.21.

POSSAS, M.; KOBLITZ, A. **A sectoral evolutionary model**. IN: DRUID'S NELSON AND WINTER CONFERENCE, 2001, Aalborg. **Conference Papers**. Disponível em: <http://www.druid.dk/conferences/nw/paper1/possas_licha.pdf>. Acesso em: 10 out. 2005.

QUADROS, R., FRANCO, E.; BERNARDES, R. Inovação tecnológica na indústria: Resultados da PAEP e da PAER. In: VIOTTI, E. B.; MACEDO, M. M. (Org.). **Indicadores de ciência e tecnologia e de inovação no Brasil**. Campinas: UNICAMP, 2003. p. 343-387.

REINERT, E. S. Catching-up from way behind. A third world perspective on first world history. IN: FAGERBERG, J.; VERSPAGEN, B.; TUNZELMANN, N. von. **The dynamics of technology, trade and growth**. Aldershot: Edward Elgar, 1994. Cap. 8.

ROSENBERG, N. **Perspectives on technology**. Cambridge: Cambridge University, 1976.

SAHAL, D. Technology guide-posts and innovation avenues. **Research Policy**, Amsterdam, v. 14, n. 2, p.61-82, 1985.

SALERNO, M. S.; DE NEGRI, J. A. **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.

SCHERER, F. M. **Industrial market structure and economic performance**. 2nd. ed. Houghton Mifflin, 1980.

SCHERER, F. M. Market structure and the employment of scientists and engineers. **American Economic Review**, Nashville, v.57, p.524-531, 1967.

SCHUMPETER, J. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Zahar, 1984.

SCHUMPETER, J. **Teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Abril, 1982.

SERRA, J. Ciclos e mudanças estruturais na economia brasileira do pós-guerra. IN: BELLUZZO, L. G. M.; COUTINHO, R. **Desenvolvimento capitalista no Brasil: Ensaio sobre a crise**. São Paulo: Brasiliense, 1983. p. 56-121.

SILVERBERG, G.; DOSI, G.; ORSENIGO, L. Innovation, diversity and diffusion: a self-organization model. **The Economic Journal**, London, v. 98, n. 393, p. 1032-1054, 1988.

SIMON, H. **Bounded Rationality**. London: MIT, 1987.

SUZIGAN, W. **Indústria brasileira: Origem e desenvolvimento**. São Paulo: Brasiliense, 1986.

SYMEONIDIS, G. **Innovation, firm size and market structure: Schumpeterian hypotheses and some new themes**. Paris: OCDE, 1996. (Economic Department Working Papers, n.161).

TEECE, D. Technological change and the nature of the firm. IN: DOSI, G. *et al.* **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988. Cap.12.

VENCE-DEZA, X. **Economía de la innovación y del cambio tecnológico**. Madrid: Siglo Veintiuno de España, 1995.

VIOTTI, E. **National learning systems: a new approach on technical change in late industrializing economies and evidences from the cases of Brazil and South Korea**. Cambridge, MA: Center for International Development, Harvard University, 2001. (Science, Technology and Innovation Discussion Paper, n. 12).

WINTER, S. Schumpeterian competition in alternative technological regimes. **Journal of Economic Behavior & Organization**, Amsterdam, v. 5, n. 3-4, p. 287-320, 1984.

ZUCOLOTO, G. F. **Inovação tecnológica na indústria brasileira:** uma análise setorial. 2004. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Economia Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

**ANEXO - CLASSIFICAÇÃO DOS GRUPOS CNAE AOS REGIMES
TECNOLÓGICOS DE MARSILI (2001)**

(continua)

Grupo CNAE	Descrição	Regime tecnológico
100*	Extração de carvão mineral	PB
111*	Extração de petróleo e gás natural	PB
112*	Atividades de serviços relacionados com a extração de petróleo e gás - exceto a prospecção realizada por terceiros	PB
131	Extração de minério de ferro	PB
132	Extração de minerais metálicos não-ferrosos	PB
141	Extração de pedra, areia e argila	PB
142	Extração de outros minerais não-metálicos	PB
151	Abate e preparação de produtos de carne e de pescado	PC
152	Processamento, preservação e produção de conservas de frutas, legumes e outros vegetais	PC
153	Produção de óleos e gorduras vegetais e animais	PC
154	Laticínios	PC
155	Moagem, fabricação de produtos amiláceos e de rações balanceadas para animais	PC
156	Fabricação e refino de açúcar	PC
157	Torrefação e moagem de café	PC
158	Fabricação de outros produtos alimentícios	PC
159	Fabricação de bebidas	PC
160	Fabricação de produtos do fumo	PC
171	Beneficiamento de fibras têxteis naturais	PC
172	Fiação	PC
173	Tecelagem - inclusive fiação e tecelagem	PC
174	Fabricação de artefatos têxteis, incluindo tecelagem	PC
175	Acabamento em fios, tecidos e artigos têxteis, por terceiros	PC
176	Fabricação de artefatos têxteis a partir de tecidos - exceto vestuário - e de outros artigos têxteis	PC
177	Fabricação de tecidos e artigos de malha	PC
181	Confecção de artigos do vestuário	PC
182	Fabricação de acessórios do vestuário e de segurança profissional	PC
191	Curtimento e outras preparações de couro	PC
192	Fabricação de artigos para viagem e de artefatos diversos de couro	PC
193	Fabricação de calçados	PC
201	Desdobramento de madeira	PC
202	Fabricação de produtos de madeira, cortiça e material trançado - exceto móveis	PC
211	Fabricação de celulose e outras pastas para a fabricação de papel	PC
212	Fabricação de papel, papelão liso, cartolina e cartão	PC
213	Fabricação de embalagens de papel ou papelão	PC
214	Fabricação de artefatos diversos de papel, papelão, cartolina e cartão	PC
221	Edição; edição e impressão	PC
222	Impressão e serviços conexos para terceiros	PC
223	Reprodução de materiais gravados	PC
231*	Coquerias	PB
232	Fabricação de produtos derivados do petróleo	PB
234	Produção de álcool	PB
241	Fabricação de produtos químicos inorgânicos	PB

(continua)

Grupo CNAE	Descrição	Regime tecnológico
242	Fabricação de produtos químicos orgânicos	PB
243	Fabricação de resinas e elastômeros	PB
244	Fabricação de fibras, fios, cabos e filamentos contínuos artificiais e sintéticos	PB
245	Fabricação de produtos farmacêuticos	BC
246	Fabricação de defensivos agrícolas	PB
247	Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza e artigos de perfumaria	PB
248	Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins	PB
249	Fabricação de produtos e preparados químicos diversos	PB
251	Fabricação de artigos de borracha	EP
252	Fabricação de produtos de material plástico	EP
261	Fabricação de vidro e de produtos do vidro	PC
262	Fabricação de cimento	PC
263	Fabricação de artefatos de concreto, cimento, fibrocimento, gesso e estuque	PC
264	Fabricação de produtos cerâmicos	PC
269	Aparelhamento de pedras e fabricação de cal e de outros produtos de minerais não-metálicos	PC
271	Produção de ferro-gusa e de ferroligas	PC
272	Siderurgia	PC
273	Fabricação de tubos - exceto em siderúrgicas	PC
274	Metalurgia de metais não-ferrosos	PC
275	Fundição	PC
281	Fabricação de estruturas metálicas e obras de caldeiraria pesada	EP
282	Fabricação de tanques, caldeiras e reservatórios metálicos	EP
283	Forjaria, estamparia, metalurgia do pó e serviços de tratamento de metais	EP
284	Fabricação de artigos de cutelaria, de serralheria e ferramentas manuais	EP
288*	Manutenção e reparação de tanques, caldeiras e reservatórios metálicos	EP
289	Fabricação de produtos diversos de metal	EP
291	Fabricação de motores, bombas, compressores e equipamentos de transmissão	EP
292	Fabricação de máquinas e equipamentos de uso geral	EP
293	Fabricação de tratores e de máquinas e equipamentos para a agricultura, avicultura e obtenção de produtos animais	EP
294	Fabricação de máquinas-ferramentas	EP
295	Fabricação de máquinas e equipamentos de uso na extração mineral e construção	EP
296	Fabricação de outras máquinas e equipamentos de uso específico	EP
297	Fabricação de armas, munições e equipamentos militares	EP
298	Fabricação de eletrodomésticos	EP
299*	Manutenção e reparação de máquinas e equipamentos industriais	EP
301	Fabricação de máquinas para escritório	BC
302	Fabricação de máquinas e equipamentos de sistemas eletrônicos para processamento de dados	BC
311	Fabricação de geradores, transformadores e motores elétricos	BC
312	Fabricação de equipamentos para distribuição e controle de energia elétrica	BC
313	Fabricação de fios, cabos e condutores elétricos isolados	BC
314	Fabricação de pilhas, baterias e acumuladores elétricos	BC
315	Fabricação de lâmpadas e equipamentos de iluminação	BC
316	Fabricação de material elétrico para veículos – exceto baterias	BC
318*	Manutenção e reparação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	BC
319	Fabricação de outros equipamentos e aparelhos elétricos	BC

(conclusão)

Grupo CNAE	Descrição	Regime tecnológico
321	Fabricação de material eletrônico básico	BC
322	Fabricação de aparelhos e equipamentos de telefonia e radiotelefonia e de transmissores de televisão e rádio	BC
323	Fabricação de aparelhos receptores de radio e televisão e de reprodução, gravação ou amplificação de som e vídeo	BC
329*	Manutenção e reparação de aparelhos e equipamentos de telefonia e radiotelefonia e de transmissores de televisão e radio - exceto telefones	BC
331	Fabricação de aparelhos e instrumentos para usos médico-hospitalares, odontológicos e de laboratórios e aparelhos ortopédicos	EP
332	Fabricação de aparelhos e instrumentos de medida, teste e controle – exceto equipamentos para controle de processos industriais	EP
333	Fabricação de máquinas, aparelhos e equipamentos de sistemas eletrônicos dedicados a automação industrial e ao controle do processo produtivo	EP
334	Fabricação de aparelhos, instrumentos e materiais ópticos, fotográficos e cinematográficos	BC
335	Fabricação de cronômetros e relógios	EP
339*	Manutenção e reparação de equipamentos médico-hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos e equipamentos para automação industrial	EP
341	Fabricação de automóveis, camionetas e utilitários	SC
342	Fabricação de caminhões e ônibus	SC
343	Fabricação de cabines, carrocerias e reboques	SC
344	Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores	SC
345	Recondicionamento ou recuperação de motores para veículos automotores	SC
351	Construção e reparação de embarcações	SC
352	Construção, montagem e reparação de veículos ferroviários	SC
353	Construção, montagem e reparação de aeronaves	SC
359	Fabricação de outros equipamentos de transporte	SC
361	Fabricação de artigos do mobiliário	PC
369	Fabricação de produtos diversos	PC
371	Reciclagem de sucatas metálicas	PC
372	Reciclagem de sucatas não-metálicas	PC

Fonte: Elaborada pela autora.

Notas: * Setores excluídos dos testes B, C, D e E (Tabela 5) e dos modelos 1, 2 e 3 (Tabela 6).

EP = Engenharia de Produto

BC = Baseado em Ciência

PB = Processos Básicos

PC = Processos Contínuos

SC = Sistemas Complexos