

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

FELIPE QUEIROZ SILVA

**ESFORÇO INOVATIVO, INOVAÇÃO E PRODUTIVIDADE: ANÁLISE EM
NÍVEL DA FIRMA NO BRASIL**

**UBERLÂNDIA
2014**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S586e Silva, Felipe Queiroz, 1988-
2014 Esforço inovativo, inovação e produtividade: análise em nível da firma
no Brasil / Felipe Queiroz Silva. -- 2014.
98 f. : il.

Orientador: Ana Paula Macedo de Avellar.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Economia.
Inclui bibliografia.

1. Economia - Teses. 2. Produtividade industrial - Teses. 3. Mecanismo
de desenvolvimento limpo - Teses. 3. Desenvolvimento organizacional -
Brasil - Teses. 4. Inovações tecnológicas - Aspectos econômicos - Brasil -
Teses. I. Silva, Felipe Queiroz. II. Universidade Federal de Uberlândia.
Programa de Pós-Graduação em Economia. III. Título.

CDU: 330

FELIPE QUEIROZ SILVA

**ESFORÇO INOVATIVO, INOVAÇÃO E PRODUTIVIDADE: ANÁLISE EM
NÍVEL DA FIRMA NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Desenvolvimento Econômico.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Macedo de Avellar.

**UBERLÂNDIA
2014**

FELIPE QUEIROZ SILVA

**ESFORÇO INOVATIVO, INOVAÇÃO E PRODUTIVIDADE: ANÁLISE EM
NÍVEL DA FIRMA NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Desenvolvimento Econômico.

Uberlândia, 23 de Janeiro de 2014.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Aderbal Oliveira Damasceno (IE-UFU)

Prof. Dra. Marisa dos Reis Azevedo Botelho (IE-UFU)

Prof. Dr. André Luiz Correa (FCLAr-UNESP)

AGRADECIMENTOS

O Mestrado em Uberlândia certamente foi um dos períodos de maior transformação em minha vida. Não apenas de transformação intelectual, no qual finalmente consegui me visualizar como um economista, mas também de transformação pessoal, da maneira como modificou a minha percepção sobre quase tudo. Amadurecimento poderia ser a palavra certa se não fosse a minha incapacidade de expressar o ganho de perspectiva e direcionamento que uma instituição aberta e crítica como o Programa de Pós-Graduação em Economia do Instituto de Economia da Universidade Federal de Uberlândia foi capaz de me proporcionar. Acima de tudo, sinto-me mais completo e inspirado.

Como a acumulação de conhecimento e aprendizagem nunca vem sozinha, agradeço a todas aquelas pessoas que estiveram envolvidas direta e indiretamente nesse processo. Primeiramente, a minha orientadora, Profa. Dra. Ana Paula Macedo de Avellar, pelos ensinamentos, paciência e dedicação que não faltaram mesmo num momento especial de sua vida: o nascimento de seu filho Pedro. Agradeço também a todos os professores com quem tive contato na pós-graduação, pelas interessantes aulas, pelo debate acadêmico e pela generosidade marcante verificada em todo o Instituto de Economia.

Agradeço a todos os amigos que me acompanharam na pós-graduação, não só pelos agradáveis debates econômicos e teóricos no Laboratório, na cantina Xícara da Silva, no Restaurante Universitário ou no Bar da Dona Antônia, mas também pelos momentos de descontração que nos mantiveram dispostos para superar as dificuldades. Agradeço em especial ao meu também parceiro de graduação e agora pai Rodrigo Marquez, pelo companheirismo e pró-atividade que me inspira. Agradeço também a Vinícius Menezes, Enzo Matono Gerioni, Graciele Souza, Henrique Rogê, Jessé Pacheco e Marcos Godoi, pelos bons momentos, conselhos, conhecimentos, experiências e virtudes. Tenho certeza que todos irão contribuir e se destacar ainda mais em suas áreas.

Porém, nada disso seria possível se eu não tivesse a base para tal. Nisso sou e serei eternamente grato aos meus pais: minha mãe Agna Assunção, por sua presença e dedicação e ao meu pai João Carlos da Silva, por seu inesgotável apoio. Por fim, agradeço especialmente à minha companheira Luna Jeannie, que, assim como o meu período de Mestrado, vem transformando a minha vida, deixando-me mais completo.

RESUMO

O objetivo desta dissertação é analisar o impacto do esforço inovativo sobre a inovação, e desta sobre a produtividade das empresas brasileiras. Trata-se de uma análise em nível da firma que utiliza o cruzamento dos dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) e da Pesquisa Industrial Anual (PIA), ambas elaboradas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no período de 2006 a 2008. A pesquisa visa contribuir para o debate empírico ao compreender o padrão do processo inovativo brasileiro atual, considerando as especificações setoriais e de seus níveis de intensidade tecnológica. É feita uma análise da literatura teórica, que explicita as várias teorias da inovação, dos seus determinantes e de sua relação com a produtividade, evidenciando que apesar de muito diferente em suas concepções, há atualmente um consenso tecnológico sobre a importância da inovação sobre o desempenho industrial. Também é feita uma investigação empírica acerca da relação entre atividades inovativas, inovação e produtividade, utilizando-se o modelo CDM como estratégia econométrica para responder essas questões. Os resultados encontrados evidenciam que, apesar da constatação de que poucas empresas do Brasil inovam e investem em inovação (principalmente no que se refere ao investimento direto em atividades de P&D), a probabilidade de inovar aumenta com um maior nível de investimento em atividades inovativas, e que o nível de produtividade é influenciado positivamente, na média, pela inovação, seja ela de produto ou processo. Esses resultados também acontecem com os recortes em indústrias de intensidades tecnológicas mais baixas e mais altas, porém, para estas últimas, o impacto da inovação sobre a produtividade não se mostrou significativo.

Palavras-chave: Inovação, Produtividade, Modelo CDM, Indústria Brasileira.

ABSTRACT

The goal of this dissertation is to analyze the impact of the innovative effort on innovation, and this on the productivity of Brazilian companies. This is a firm-level analysis using data crossover from the *Technological Innovation Survey* (PINTEC) and the *Annual Industrial Survey* (PIA), both developed by *Brazilian Institute of Geography and Statistics* (IBGE), in the period from 2006 to 2008. The research aims to contribute to the empirical debate to understand the pattern of the current Brazilian innovative process, considering the sectors specifications and their levels of technological intensity. Is made an theoretical analysis of the literature, that explicit the various theories of innovation, its determinants and its relationship with productivity, showing that, although very different in their conceptions, there is a currently consensus about the importance of technological innovation on industrial performance. Is also made an empirical research on the relationship between innovation activities, innovation and productivity, using the CDM model and econometric strategy to answer these questions. The results shows that, despite the fact that few companies in Brazil innovate and invest in innovation (especially in direct investment in R&D activities), the probability to innovate increases with a higher level of investment in innovative activities, and that the level of productivity is positively affected by product or process innovation. These results also happen with the industries samples of lower and higher technological intensity, but, for that last ones, the innovation impact on productivity not shown significant.

Key-words: Innovation, Productivity, CDM Model, Brazilian Industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama do Modelo	51
-------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese das Variáveis Utilizadas	59
Tabela 2 – Classificação das atividades econômicas e níveis de intensidade tecnológica... 62	
Tabela 3 – Estatística Descritiva: Variáveis Binárias.....	70
Tabela 4 – Estatística Descritiva: Variáveis Contínuas – Médias	73
Tabela 5 – Estatística Descritiva: Atividades Econômicas (CNAE 2.0).....	75
Tabela 6 – Estimações: Esforço Inovativo – Tobit Generalizado	78
Tabela 7 – Estimações: Inovação – Probit	83
Tabela 8 – Estimações: Produtividade – MQO	86
Tabela 9 – Síntese dos Resultados Encontrados.....	88

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
CAPÍTULO 1 – INOVAÇÃO: SEUS DETERMINANTES E SEU IMPACTO NA PRODUTIVIDADE	11
1.1. Desenvolvimentos Teóricos da Inovação	11
1.2. Determinantes das Atividades Inovativas e da Inovação.....	18
1.2.1. Determinantes Externos da Inovação: Estrutura de Mercado, Características Setoriais e Nacionais.	19
1.2.2. Determinantes Internos da Inovação: Estratégias, Capacitação, Conhecimento e Aprendizagem	29
1.3. Inovação e Produtividade.....	37
1.3.1. Inovação e Produtividade na Teoria Econômica.....	38
1.3.2. Construção e Evidências Empíricas do Modelo CDM	44
CAPÍTULO 2 – O MODELO CDM E A APRESENTAÇÃO DAS VARIÁVEIS	50
2.1. O Modelo	50
2.1.1. Equações de Esforço Inovativo (Atividades Inovativas)	51
2.1.2. Equações de Inovação	55
2.1.3. Equações de Produtividade	56
2.2. Estratégia Empírica do Estudo.....	57
2.2.1. Base de Dados e Construção de Variáveis	57
2.2.2. Especificação dos Modelos	63
CAPÍTULO 3 – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	69
3.1. Estatísticas Descritivas	69
3.2. Resultados das Estimações	76
3.2.1. Estimações: Esforço Inovativo (Atividades Inovativas)	77
3.2.2. Estimações: Inovação.....	82
3.2.3. Estimações: Produtividade	86
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
REFERÊNCIAS	93

INTRODUÇÃO

O processo de abertura da economia brasileira, iniciada em 1988 e intensificada a partir de 1990, já foi amplamente abordado na literatura econômica nacional. Porém, o cenário concorrencial construído nesse processo ainda carece de entendimento no que se refere à conduta das empresas. A partir desse novo ambiente econômico, pouco ainda se sabe sobre as estratégias competitivas e as respostas das firmas nacionais diante da mudança. Se, por um lado, as empresas brasileiras ficaram mais submetidas a uma concorrência internacional, de outro, a suposta internacionalização dessas firmas aumentou o acesso a novos mercados, novas tecnologias e novas fontes de informação. Nesse sentido, a inovação passou a ser vista como uma importante estratégia para a sobrevivência concorrencial e para a aquisição de vantagens competitivas da economia brasileira para o alcance de novos mercados consumidores. Atualmente, na literatura econômica, a inovação é vista de forma consensual como um dos motores fundamentais do desenvolvimento industrial e competitivo.

Dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC), elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostram até o momento que poucas empresas brasileiras inovam. Segundo os dados, de 1998 a 2000, cerca de 31% das firmas nacionais implantaram algum tipo de inovação, seja ela de produto ou processo. Para os dados de 2009 a 2011 esse número sobe para um pouco mais de 35%. Por outro lado, a proporção de empresas que investiram em algum tipo de atividade inovativa saiu de apenas 26% no período 1998-2000 para 28% no período 2009-2011, enquanto a proporção de firmas que investiram em P&D decaiu de 10% para 6% nesse mesmo período.

Pelos dados verifica-se que o processo inovativo das firmas brasileiras vem crescendo de forma muito lenta, chegando a cair para o investimento direto em pesquisa e desenvolvimento. Em dez anos é possível dizer que a quantidade de empresas que inovam e investem em inovação está praticamente estagnada. Isso levanta dúvidas quanto ao impacto dessas inovações sobre o desempenho produtivo e o crescimento econômico, além do tipo de configuração do processo inovativo brasileiro, no qual pouquíssimas empresas realizam atividades de P&D. Essas ligações entre atividades inovativas, inovação e produtividade ainda são obscuras quando se especifica o Brasil, não só no seu caráter histórico envolvido

em uma mudança de ambiente concorrencial, mas também na própria teoria econômica quando lidada com as especificidades de países de industrialização tardia.

A aplicação de exercícios empíricos que analisam o processo inovativo das empresas vem se ampliando dada a disponibilidade de *surveys* de inovação. Vários autores têm buscado estabelecer relações de causalidade entre inovação e desempenho produtivo com uso de modelos econométricos. Dentre esses modelos, destaca-se o de Crépon, Duguet e Mairesse (1998), conhecido como modelo CDM. Esse método é representado por um sistema de equações em três estágios que primeiro detecta as variáveis que impactam o esforço da empresa inovar, depois relaciona este esforço com a efetiva inovação, e esta com a produtividade. A hipótese é de que empresas que inovam são mais produtivas do que as empresas que não inovam, já que essas inovações trariam vantagens relacionadas com uma geração de custo de produção menor, com a introdução de produtos diferenciados e com o aumento da competitividade.

Esses estudos empíricos também vêm abordando toda a complexa cadeia da inovação, relacionando variáveis como o impacto do apoio do governo para financiamento e a troca de conhecimento de agentes econômicos no que tange a arranjos cooperativos e fontes de informação para inovar. Outra questão importante é no que se refere aos sistemas nacionais de inovação, que cada vez mais envolvem especificidades regionais, setoriais e do tipo de intensidade tecnológica da firma, o que evidencia a busca da compreensão dos padrões tecnológicos do país e de cada tipo de atividade industrial.

Nesse contexto, o objetivo desta dissertação é analisar o impacto do esforço inovativo sobre a inovação, e desta sobre a produtividade das empresas brasileiras. Para dar maior nitidez a esse objetivo é possível traduzi-lo em duas perguntas: *i)* O esforço inovativo de uma empresa (gasto em atividades inovativas e P&D) impacta de forma positiva no seu nível de inovação (introdução de inovação de produto e/ou inovação de processo)?; e *ii)* A introdução de inovações (produto e/ou processo) pela empresa impacta positivamente no seu nível de produtividade? A hipótese levantada é de que há uma relação positiva referente a essas duas perguntas.

Os objetivos específicos podem ser resumidos pelos seguintes aspectos: *i)* apresentar a abordagem teórica da inovação e da tecnologia e seus desenvolvimentos ao longo do tempo, bem como uma revisão das evidências empíricas que abordam o tema; *ii)*

compreender e caracterizar o processo inovativo das empresas brasileiras a partir da análise de estatísticas descritivas, evidenciando as diferenças setoriais e no que tange ao nível de intensidade tecnológica da firma; *iii*) apresentação e aplicação de metodologia econométrica embasado no modelo CDM; e *iv*) comparar os resultados encontrados com a teoria, com as pesquisas econométricas da literatura e evidenciar as similaridades e as diferenças do processo inovativo do Brasil com os países desenvolvidos e com os países em desenvolvimento.

A dissertação está dividida em três capítulos, além dessa introdução e das considerações finais. O Capítulo 1 compreende a abordagem teórica e da literatura empírica sobre a mudança técnica, evidenciando os determinantes do investimento em atividades inovativas e da inovação, bem como a relação desta com a produtividade. O Capítulo 2 apresenta a metodologia e a estratégia empírica da pesquisa, enquanto que, por fim, o Capítulo 3 analisa os resultados encontrados através das estatísticas descritivas e das estimações econométricas.

CAPÍTULO 1 – INOVAÇÃO: SEUS DETERMINANTES E SEU IMPACTO NA PRODUTIVIDADE

O objetivo deste capítulo é abordar o referencial teórico da inovação, dos seus determinantes e da relação entre mudança técnica e produtividade. A apresentação teórica é importante, pois serve de base não só para a discussão a cerca da inovação na economia como também para a escolha das variáveis a serem utilizadas nos modelos econométricos e para a comparação dos resultados encontrados por aquilo que vem sendo debatido na teoria e nas evidências empíricas de outros estudos.

Dessa maneira, o capítulo está dividido em três seções. A primeira seção aborda o desenvolvimento teórico da inovação e dos determinantes da mudança técnica, evidenciando a importância atribuída à endogeneização do processo inovativo. A segunda seção aborda o debate a cerca dos determinantes das atividades inovativas e da inovação, sendo subdividida em determinantes externos (estrutura de mercado e características setoriais e nacionais) e determinantes internos (estratégias, capacitação, conhecimento e aprendizagem). Por fim, a terceira seção aborda o impacto da inovação sobre a produtividade, que está subdividida em aspectos teóricos e nas evidências empíricas dessa relação.

1.1. Desenvolvimentos Teóricos da Inovação

Apesar de alguns autores clássicos como Adam Smith, David Ricardo e Karl Marx já perceberem a importância do papel da tecnologia no processo econômico, foi Schumpeter quem primeiro atribuiu a inovação como fator central para o desenvolvimento capitalista. Indo contra a análise estática e de equilíbrio da concorrência predominante da teoria neoclássica, Schumpeter (1982, 1984) inseriu o seu próprio modelo de concorrência ao analisar o processo capitalista como dinâmico¹. Esse modelo dinâmico é apoiado no surgimento das inovações dentro de um ambiente de “destruição criativa”, surgindo como a forma de concorrência relevante e geradora de lucros.

¹ Na famosa frase do autor: “normalmente se vê o problema de como o capitalismo administra as estruturas existentes, enquanto o relevante é saber como ele as cria e destrói” (SCHUMPETER, 1984, p. 114).

Dessa maneira, a inovação ganha destaque como objeto principal da dinâmica capitalista e do desenvolvimento econômico, como propulsor de todo o sistema e determinante para os seus ciclos de mercado. Esse movimento, gerado pelas inovações que vêm de dentro do sistema (endógenas), consiste de novas combinações de produtos, processos, insumos, mercados, indústrias e qualquer outra forma de organização. Essas novas combinações se inserem em um ambiente de destruição criativa, denominada assim por substituir as estruturas velhas pelas novas. Esse canal de transmissão é uma das contribuições chaves de Schumpeter (1984) para o entendimento de sua análise da concorrência no capitalismo, que é dinâmico por natureza. As inovações criam vantagens para a empresa, gerando um custo de produção menor ou um produto diferenciado, o que irá proporcionar maior produtividade, maior competitividade e maiores lucros.

A visão de Schumpeter é dividida em dois marcos. No marco 1², os empresários têm como função principal oferecer condições de iniciarem o seu processo de inovação de novos produtos ou processos. As inovações, depois de aceitas pelos consumidores, possuem o poder de gerar enormes lucros aos empreendedores (o lucro extraordinário ou de monopólio). Logo, os agentes devem buscar permanentemente a diferenciação da produção, tendo em vista a obtenção de vantagens competitivas. Porém, para a implementação de uma inovação, o autor considera a incerteza do empresário como fundamental, no qual há riscos de previsão quanto ao sucesso do novo, já que o desconhecido é incerto. Assim, há um *trade-off* entre o custo do investimento incerto para a implementação da inovação e os benefícios de lucro extraordinários que a mesma poderá trazer.

Já no marco 2³, o processo de destruição criativa como forma de concorrência possui a grande empresa (ao invés do agente individual), como principal responsável, já que a mesma possui vantagens claras com relação à pequena empresa. As grandes empresas geralmente possuem maior horizonte de planejamento, mais recursos financeiros, maior qualificação da mão-de-obra e mecanismos de proteção de mercado frente aos concorrentes. Dessa forma, para Schumpeter (1984), a grande empresa é responsável pelo progresso econômico e tecnológico, pois existem métodos superiores disponíveis apenas a esta, ocorrendo melhorias e maior eficiência na produção e em novos produtos. O autor

² De *Teoria do Desenvolvimento Econômico* (1982), lançado originalmente em 1911.

³ De *Capitalismo, Socialismo e Democracia* (1984), lançado originalmente em 1942.

também destaca a inadequação do modelo de concorrência perfeita, já que a concentração do mercado não é tratada como ineficiente. Como o risco de inovar é alto, os mecanismos de proteção (barreiras à entrada, patentes, segredos) gerados pela posição de monopólio da grande firma inovadora são necessários.

A divisão em dois marcos na teoria de Schumpeter aconteceu na medida em que o autor percebeu as mudanças no processo capitalista, cada vez mais concentrado em grandes empresas. O marco 1 é enfatizado pelas características do pequeno empresário visionário, que seria o responsável de iniciar o processo de inovação nas firmas, enquanto que no marco 2 a ênfase passa para a grande empresa como uma organização complexa capaz de impulsionar o progresso técnico, além das considerações sobre os aspectos sistêmicos da inovação. Logo, o autor também passa a reconhecer o caráter endógeno das atividades inovativas através da percepção da institucionalização das atividades de P&D internamente à firma (COOMBS *et al.*, 1987). Mesmo assim, os dois marcos são complementares ao dar importância aos mercados monopolísticos ou oligopolísticos, que possuem maiores acessos a recursos do que os mercados atomísticos para a implementação da inovação.

A contribuição de Schumpeter foi fundamental ao inserir a relação entre inovação e desenvolvimento econômico, evidenciando o funcionamento da máquina capitalista. Porém, a abordagem não leva em consideração, de forma mais sistemática, os determinantes da inovação, de como o conhecimento pode vir a gerar a mesma. Inicialmente, a literatura econômica sobre os determinantes comuns das atividades inovativas seguiram duas abordagens básicas diferentes: as teorias da indução pela demanda (*demand-pull*) e as teorias do impulso pela tecnologia (*technology-push*). As primeiras indicam que as forças de mercado são os principais determinantes das inovações ou da mudança técnica, enquanto que as segundas definem a tecnologia como fator autônomo induzido pela ciência (DOSI, 2006). Essas definições foram sendo levantadas por vários autores em diferentes propostas, mas mantiveram a lógica mais abrangente de fatores relacionada à demanda e fatores relacionados à ciência.

A hipótese da indução pela demanda geralmente é atribuída a Schmookler (1966), que apresentou estudos empíricos para alguns setores industriais dos Estados Unidos. Nesses estudos, o autor encontrou evidências de que as flutuações no investimento em capital poderiam ser mais bem explicadas por eventos externos do que pelo curso da

invenção, e que o aumento das atividades inventivas (patentes) era respondido por meio do aumento da demanda. Schmookler (1966) não argumentou que as forças da demanda eram os únicos determinantes das atividades inovativas e da inovação, mas o seu trabalho apenas enfatizava esse fator e gerou uma série de estudos que contribuíram para o fortalecimento dessa hipótese⁴.

Mowery e Rosenberg (2006) analisaram e criticaram os estudos empíricos que tentavam estabelecer a indução pela demanda como fator determinante da inovação. Para os referidos autores, o conceito de demanda para esses estudos era muito vago, de alta abrangência e de difícil mensuração, além do fato de desconsiderar outras variáveis e focalizar aspectos distintos dos processos de inovação. A conclusão levantada por esses estudos empíricos era de que a força motriz da indução pela demanda compunha um suposto “reconhecimento de necessidades” pelas unidades produtivas do mercado, nos quais os produtores tomavam medidas para satisfazê-las através de suas atividades tecnológicas. Dosi (2006) também criticou esse argumento por causa de sua lógica neoclássica que envolve preferências dos consumidores em padrões de demanda (funções de utilidade) e de como isso estimularia a busca por suprir essas necessidades do mercado. Aqui, o termo “necessidades” é expresso em relação aos meios específicos de suas satisfações, mas, neste caso, cada “necessidade” não pode emergir antes da invenção básica à qual se refere.

Dosi (2006) argumentou que uma teoria que busca a dominação de forças do mercado como determinante para a inovação é rudimentar e secundária devida à complexidade do processo inovativo. O conceito de “necessidades potenciais” é quase infinito, de difícil identificação por parte dos produtores e dificilmente sustenta a ocorrência de invenção ou inovação, além de não reconhecer a existência das inter-relações entre ciência, tecnologia e produção. Por fim, o autor levanta três fragilidades básicas dessa teoria: é um conceito passivo e mecânico de reatividade; incapaz de definir por que e quando de certos desenvolvimentos tecnológicos em vez de outros; e a desconsideração das mudanças ao longo do tempo da capacidade de invenção.

⁴ Scherer (1986) e Coombs *et al.* (1987) selecionam e fazem uma análise bibliográfica de alguns estudos empíricos que evidenciam essa relação.

Com relação à hipótese do impulso pela tecnologia, destaca-se a importância da ciência na condução das atividades de P&D e na inovação, sendo ela responsável pelo progresso técnico. Mais uma vez, Dosi (2006) levanta a questão da falta da natureza dos mecanismos interativos entre ambiente econômico e das direções das mudanças tecnológicas. Dessa forma, para o autor, a principal tarefa teórica com respeito a essa abordagem seria em “evitar uma concepção unidirecional ciência-tecnologia-produção, na qual a primeira representaria uma espécie de *deus ex machina* exógeno e neutro” (DOSI, 2006, p. 36). Rosenberg (2006) também destaca esse fato ao mostrar historicamente que a ciência não é tão exógena quanto parece, sendo que a tecnologia pode surgir primeira em vários casos. Assim, a ciência e a tecnologia se tornam complementares a partir dos avanços comuns nas empresas e nos centros de pesquisa.

Diante desse debate, muitos autores reconheceram o fato de que não há uma determinação exógena única para as atividades inovativas, numa tentativa de aliar os conceitos de indução da demanda com o impulso pela tecnologia. Porém, mais do que identificar como relevantes os fatores da demanda e da ciência, cresce a preocupação com aspectos endógenos do processo de inovação.

Dosi (2006) retoma que a busca por uma teoria deve abranger aspectos relevantes como: crescente papel de insumos científicos no processo de inovação; crescente complexidade das atividades de P&D, tornando o processo de inovação uma questão de longo prazo para as empresas; significativa correlação entre os esforços de P&D e o produto da inovação em diversos setores produtivos e a ausência de correlação entre estes e os padrões de demanda; uma significativa quantidade de inovações e aperfeiçoamentos originando-se do aprendizado pela execução (*learning-by-doing*); crescente formalização institucional da pesquisa; e que a evolução das tecnologias através do tempo apresenta certas regularidades, que, em muitas vezes, podem ser definidas através de trajetórias da mudança em termos de certas características tecnológicas e econômicas dos produtos e processos.

Nesse contexto, a questão da institucionalização das atividades de P&D ganha bastante importância no processo da inovação. Em uma análise histórica, Freeman e Soete (2008) destacam que, durante o século XX, a atividade inventiva transferiu-se dos inventores individuais para os laboratórios profissionais de pesquisa e desenvolvimento.

Essa mudança na ordem das atividades de inovação ocorreu tanto na indústria quanto no governo ou nas universidades. Mowery (1995) assinala que a emergência dos laboratórios de P&D partiu da necessidade de exploração das economias de escala, e que somente foi possível pelas inovações radicais dos materiais de processamento e do desenvolvimento das fontes de energia. Assim, a pesquisa e o desenvolvimento surgiram como um meio de explorar os emergentes conhecimentos úteis vindos dos avanços fundamentais da química e da física, além de servir como um monitoramento interno da firma em busca de adquirir novas tecnologias vindas de outras firmas.

O processo de institucionalização das atividades de P&D nas firmas já havia sido observado por Schumpeter (1984), que reconheceu que as atividades inventivas eram, pelo menos parcialmente, endógenas. Mowery (1995) explica que a integração vertical dessas atividades decorre da dificuldade de aplicação de contratos de uma atividade no qual o resultado é incerto e idiossincrático, e aponta que a integração das atividades de P&D dentro da firma reflete vantagens operacionais importantes. Dentre elas, pode-se destacar as vantagens competitivas advindas da combinação efetiva da especialização e do fluxo de informações, e vantagens de conhecimento tácito obtidas através dos limites funcionais da firma individual.

Os aspectos endógenos da criação e difusão das inovações através dos departamentos de P&D e de outras atividades inovativas internos da firma, bem como a relação dessas atividades com fatores externos e internos da organização, foram fundamentais para o avanço da teoria evolucionária, que foi proposta formalmente por Nelson e Winter (2005). A abordagem evolucionária trata a dinâmica concorrencial a partir do conceito evolucionista advindo da biologia, ressaltando a diversidade dos níveis de capacitação e dos comportamentos adotados pelas empresas em um mesmo ambiente. Os autores relacionam as transformações econômicas e institucionais causadas pelas inovações com o processo de mutação genética das espécies, que também são pressionadas pela seleção do ambiente. Assim, há o processo de busca das inovações por parte das empresas a fim de manterem e/ou ampliarem a participação de seus mercados, e o processo de seleção dessas inovações, que são submetidas pelo ambiente competitivo.

A interação dinâmica entre a busca e a seleção de firmas e indústrias redireciona ou rejeita certas estratégias e trajetórias tecnológicas. Nelson e Winter (2005) destacam a

falta de ajustamento ou equilíbrio do desenvolvimento econômico, já que as tomadas de decisão e as trajetórias das empresas sobre o processo de inovação são difíceis de serem determinadas a priori. Aliado a isso estão as questões como a incerteza de sucesso na tentativa de inovar, características próprias e internas às firmas, com capacitações que podem ser herdadas através de aprendizados ou imitações, e características externas às firmas, com situações adversas de mercado e de estrutura econômica que podem provocar mudanças de estratégia e de seleção.

Dessa forma, a teoria evolucionária destaca o cenário incerto enfrentado pelas empresas, que, pressionadas pela competição, possuem o desafio de inovar através de um comportamento rotineiro de suas tomadas de decisões e de padrões comportamentais definidos. Essas decisões estratégicas estabelecidas surgem tanto de atividades operacionais (produção, preço) quanto de atividade de longo prazo (investimento geral, investimento em atividades de P&D) (NELSON e WINTER, 2005).

Nesse ambiente de “superação” da incerteza pela rotina, Nelson e Winter (2005) ressaltam as direções mais prováveis e potenciais para o avanço tecnológico, inserindo o conceito de “trajetória natural” dessa nova tecnologia, que vai ganhando uma característica cumulativa de aprendizado, adaptação, melhoramento e desenvolvimento. Essa dinâmica de mudanças e melhoramentos inovativos estão inseridos em “regimes tecnológicos” específicos, ou seja, a uma tecnologia particular, que em seu auge de acumulação através de uma trajetória atinge a sua meta de desenvolvimento, caracterizada como a fronteira tecnológica.

Dosi (2006) também contribui ao explicar os determinantes e a direção da mudança tecnológica ao empregar os conceitos de paradigmas tecnológicos e trajetórias tecnológicas similares à definição de Nelson e Winter (2005). No que se refere aos paradigmas tecnológicos, o autor parte de uma definição ampla de tecnologia voltada para a solução de problemas. Um paradigma tecnológico é definido como um padrão de princípios selecionados que requer o uso de informações extraídas da experiência prévia e do conhecimento formal, conjuntamente com regras e capacidades específicas por parte dos inventores, visando adquirir novos conhecimentos. Dessa maneira, um paradigma tecnológico determina um certo campo de investigação e os problemas e procedimentos a ele associados.

Já as trajetórias tecnológicas são os caminhos a serem percorridos de um determinado paradigma, os avanços tecnológicos conquistados dentro do limite deste último. O nível mais alto alcançado por essa trajetória constitui a fronteira tecnológica. Como também evidenciado por Nelson e Winter (2005), Dosi (2006) atribui aspectos cumulativos das trajetórias tecnológicas, no sentido da busca constante de melhorar as características específicas a certo produto, equipamento ou componente. Essas trajetórias possuem características de irreversibilidade e *path dependence*, no sentido de que a incerteza da inovação impede que seja possível fazer uma comparação *ex ante* entre duas trajetórias alternativas e escolher qual seria a melhor. A escolha de uma trajetória faz com que os esforços de pesquisa estejam concentrados na direção do paradigma estabelecido, gerando cumulatividade em aprendizado e aperfeiçoamento. Porém, essa escolha pode não ser a melhor possível, e o custo de mudar para uma trajetória alternativa pode ser alto o suficiente para impedir a troca, evidenciando a irreversibilidade.

1.2. Determinantes das Atividades Inovativas e da Inovação

Os desenvolvimentos teóricos vistos na seção anterior mostram a importância do debate sobre os determinantes das atividades inovativas. Em especial, as teorias neoschumpeteriana e evolucionária colocam em evidência os condicionantes endógenos para o processo de sucesso da geração e difusão de inovação. Dentre esses processos, a internalização e a formalização das atividades de P&D se destaca não só como condizente com o caráter de busca de paradigmas tecnológicos e da geração e cumulação de conhecimento, como também se torna evidente ao serem tratadas por si só como uma instituição voltada diretamente para a inovação.

Dessa forma, a literatura econômica reconhece e fortalece o desenvolvimento dos departamentos de P&D internamente à firma, da sua importância e do seu processo como indutor das inovações. Porém, poucos avanços foram feitos sobre o contexto teórico da formulação de estratégias de inovação e especialmente de investimento em P&D, o que levanta dúvidas sobre o que de fato determina o montante do gasto em atividades inovativas e de quais são as estratégias das firmas sobre como fazê-las. Outros determinantes externos também são importantes para a compreensão do processo e da dinâmica inovativa.

Essa subseção busca abordar os diferentes determinantes do processo de inovação em dois subitens. Primeiro, busca-se os determinantes externos da inovação, como os impactos da estrutura de mercado, das especificações setoriais e dos determinantes nacionais e institucionais. Depois, buscam-se os determinantes internos à firma, como as estratégias empresariais e as questões da teoria evolucionária que atribuem grande importância às características das capacitações tecnológicas e dos tipos de conhecimento e formas de aprendizagem.

1.2.1. Determinantes Externos da Inovação: Estrutura de Mercado, Características Setoriais e Nacionais.

No que se refere aos determinantes da inovação, a teoria econômica primeiro deu ênfase aos fatores externos que poderiam influenciar a tomada de decisão das firmas. A abordagem comumente usada da economia industrial sobre o paradigma do modelo Estrutura-Condução-Desempenho (ECD)⁵ levantou questões relacionadas à estrutura de mercado, evidenciando-se fatores como o tamanho da firma e da concentração como determinantes da condução da empresa e de seu posterior desempenho. As análises empíricas sobre a estrutura de mercado mostraram a relevância das diferenças setoriais e de seus padrões de intensidade tecnológica, no qual a inovação se relaciona de diferente forma de acordo com a característica do ramo de atividade econômica. Esse aspecto também chama atenção para a questão da apropriabilidade da inovação, que parece ser mais importante para alguns setores do que para outros. Por fim, as características nacionais e institucionais também se mostraram importantes como determinantes da inovação, no qual o conceito de Sistema Nacional de Inovação (SNI) envolve as capacitações necessárias de um país para alcançar o *catching up*⁶.

⁵ Hasenclever e Torres (2013) chamam a atenção de que o modelo ECD se contrastou com a teoria neoclássica ao evidenciar que a estrutura de mercado não é composta pela concorrência perfeita, e sim por estruturas bastante concentradas, e de que as taxas de lucros não se equalizavam em todos os mercados, mas, ao contrário, divergiam-se devido às barreiras à mobilidade de capitais. Porém, o modelo não chegou a romper com a tradição neoclássica, continuando a utilizar os conceitos da microeconomia tradicional.

⁶ O conceito de *catching up* ou emparelhamento pode ser entendido como o processo de superação do atraso econômico de determinado país com relação aos países desenvolvidos (FREEMAN, 1995).

Na questão da estrutura de mercado, Coombs *et al.* (1987) analisam que o paradigma ECD prioriza e se concentra mais nas análises das influências externas e do ambiente de mercado das firmas. O modelo é constituído através da lógica de que a estrutura de uma indústria pode ser caracterizada pelo número e pelo tamanho dos produtores dentro dela (estrutura de mercado que vai da concorrência perfeita ao monopólio). Essas características estruturais são vistas como a principal influência na conduta das firmas em termos de atribuição de preços, na diferenciação de produtos, na presença ou não de conluios, além de outras características que, por suas vezes, influenciam o desempenho das empresas em termos de lucro e produtividade. Dessa forma, o paradigma relaciona a conduta da firma (como, por exemplo, as estratégias de P&D) a fatores estruturais e industriais fora da empresa, sendo importante o papel dos setores de atividade industrial e a estrutura de mercado que definirá o *market share* da companhia.

Na literatura econômica da inovação, normalmente a estrutura de mercado está associada com as hipóteses schumpeterianas de que economias de escala e escopo conduzem a atividades de P&D mais eficientemente. Scherer (1986) sintetiza que a maioria dos estudos empíricos que buscaram relações entre estrutura de mercado e inovação partiu de duas observações interpretativas a partir de Schumpeter (1984): *i*) a inovação cresce mais que proporcionalmente com o tamanho da empresa; e *ii*) a inovação cresce com a concentração do mercado.

Scherer (1986) simplificou que essa vertente schumpeteriana parte de três hipóteses básicas: *i*) o monopólio, refletido em uma estrutura de mercado concentrado e a um conjunto de recursos disponíveis para fazer investimento discricionário, possui um clima propício para a inovação tecnológica; *ii*) as grandes corporações podem melhor apoiar e executar programas de P&D mais ambiciosos e de maiores riscos do que as pequenas empresas; e *iii*) firmas mais diversificadas podem explorar novas possibilidades técnicas de forma mais profunda do que firmas com bases estritas de produtos.

Por outro lado, a microeconomia neoclássica nega as hipóteses schumpeterianas levantadas acima. A teoria neoclássica da mudança técnica foi inicialmente desenvolvida através dos modelos de Arrow (1962a) de inovação. Nesse caso, o autor partiu de várias restrições: considerava apenas as inovações de processo e a tratava como exógena ao

separar o agente inovador da indústria, não considerava a incerteza e a tecnologia era de fácil difusão, não abordando os aspectos de absorção do conhecimento⁷.

Arrow (1962a) comparou o seu modelo de inovação sob o enfoque dos mercados competitivos e monopolistas e de qual deles era mais socialmente ótimo. A abordagem não diferia muito dos modelos de estrutura de mercado da microeconomia neoclássica tradicional, com a diferença de que, no mercado competitivo, o lucro de monopólio pela inovação era todo absorvido pelo inovador (exógeno à indústria) através de *royalties*. Porém, a indústria como um todo permaneceria com lucro zero, mas com um custo de produção menor devido ao avanço tecnológico. No caso do mercado monopolista, o agente inovador não conseguiria todo o lucro de sua inovação, pois a empresa monopolista, com seu poder de barganha, teria menos incentivos para inovar por esta já conseguir o lucro antes do avanço tecnológico. A conclusão levantada por Arrow (1962a) era de que, embora todos os mercados ganhem com a inovação, a estrutura competitiva atrairia mais pesquisa e inovação, além do ganho social ser maior.

As críticas do modelo de Arrow (1962a) são sintetizadas por Davies (1991), que chama atenção para as restrições básicas do modelo. Para o autor, um dos principais critérios não levantados foi a de que não há competição no mercado de inovação, desconsiderando os aspectos de incerteza, imitação e estrutura de apropriabilidade. Sob proteção imperfeita, argumenta Davies (1991), o agente inovador poderia preferir fornecer sua tecnologia para o monopolista, pois este teria menos a ganhar com o fornecimento de informações sobre a tecnologia dos outros. Outras críticas levantadas pelo autor seriam de que a difusão é assumida como instantânea no caso competitivo, sendo o novo processo (inovação) tomado como dado, e de que somente uma inovação discreta é considerada. Nesse caso, o modelo desconsidera os departamentos de P&D internos à firma e até mesmo o seu processo de desenvolvimento de inovações passadas.

Outros argumentos contrários às hipóteses schumpeterianas são: grandes firmas estão sujeitas às deseconomias de escala, que são provocadas, entre outros fatores, por perda de controle gerencial e decorrente redução da eficiência das atividades de P&D; e pela perda de incentivo ao espírito empreendedor em função do aumento da burocratização

⁷ A questão da importância do conhecimento e de suas formas de absorção será tratada no subitem 1.2.2.

das atividades inovativas e da ausência de ameaça concorrencial por parte do mercado (NELSON e WINTER, 2005).

Nelson e Winter (2005) são contra os argumentos de falta de estímulo e de obstáculos burocráticos descritos no parágrafo anterior para a inovação nas firmas grandes, já que ambos ainda não foram modelados adequadamente. Para os autores, a questão do “estímulo” para a inovação, através de estruturas de mercado mais competitivas, parte das suposições da maximização de lucros, que estão longe de encerrar o debate sobre “estímulo”. Os autores também enfatizam que dentre as duas hipóteses schumpeterianas discutidas, apenas a questão do tamanho é bem enfatizada por Schumpeter em *Capitalismo, socialismo e democracia*, enquanto a estrutura do mercado *per se* não é focalizada. O que se destaca é a incompatibilidade entre concorrência perfeita pura no sentido neoclássico e inovação.

Essa relação entre inovação e tamanho da firma e inovação e estrutura de mercado proporcionou vários estudos empíricos que revelou diferentes resultados obtidos. Hasenclever e Ferreira (2013) fazem uma compilação desses estudos e evidenciam respostas inconclusivas, porém, em alguns aspectos elas se complementam. É o caso das características específicas de cada indústria, nos quais as inovações se mostraram sensíveis a determinados ramos industriais, principalmente nos setores mais intensivos em tecnologia como a indústria química.

As características específicas de cada indústria levantadas nos estudos empíricos sobre a estrutura de mercado revelaram a importância setorial na análise da inovação e de seus padrões tecnológicos. As especificidades setoriais podem condicionar formas e dimensões distintas da interação entre os agentes. Essas relações podem variar de acordo com as características técnicas intrínsecas ao setor de atividade em que a firma atua e de acordo com as inter-relações entre essas mesmas firmas e os seus fornecedores e clientes.

A questão setorial e das relações entre as atividades econômicas no que se refere à inovação ganhou diversas taxonomias na tentativa de caracterizar os padrões tecnológicos dos ramos industriais. O estudo que serve de maior base para essa questão é o da taxonomia pioneira criada por Pavitt (1984), que define quatro grandes grupos de setores manufatureiros a partir dos seus padrões de inovação. Os quatro grupos são: (1) “setores dominados por fornecedores”, que implementam principalmente inovações de processo,

possuem gastos limitados com atividades de P&D, enquanto seu processo inovativo é dominado por difusões técnicas superiores; (2) “fornecedores especializados”, que implementam principalmente inovações de produtos utilizados como insumos para outros setores, possuem grandes oportunidades de inovação, mas apresentam atividades inovativas mais informais; (3) “setores intensivos em escala”, que implementam tanto inovações de produto quanto de processo, possuem economias de escala significativas (inclusive de atividades de P&D) e destinam grandes recursos à inovação; e (4) “setores baseado em ciência”, que implementam inovações diretamente ligadas a paradigmas tecnológicos possibilitados pelos avanços científicos, possuem oportunidades tecnológicas muito alta e presença de atividades inovativas formais em laboratórios de P&D com altos investimentos.

Pavitt (1984) seleciona os setores do grupo (1) como sendo geralmente os de agricultura, têxtil, vestuário, móveis e de metais mais simples, os setores do grupo (2) geralmente como de engenharia mecânica e de instrumentos, os do grupo (3) a indústrias de bens de consumo duráveis elétricos, material de transporte e de alimentos, e os do grupo (4) a setores da química, indústria farmacêutica e bioengenharia. Assim, o autor ressalta as diferenças setoriais em seus padrões de inovações, as inter-relações entre esses setores e de como determinadas indústrias possuem características de busca tecnológica distintas, o que afetará no seu perfil inovador e no seu desempenho.

A taxonomia de Pavitt (1984) serviu de base para as considerações setoriais de Malerba e Orsenigo (1996), que também buscaram a noção de trajetórias tecnológicas de Nelson e Winter (2005) para compor o que os autores chamaram de sistema setorial de inovação. Segundo Malerba e Orsenigo (1996), as características distintas dos regimes tecnológicos dos setores industriais dão origem a diferentes desenhos organizacionais, condicionando os procedimentos e as estratégias tecnológicas das firmas. Os autores atribuem quatro características básicas desses regimes tecnológicos: grau de cumulatividade do conhecimento tecnológico, características da base tecnológica, condições de oportunidade e condições de apropriabilidade.

O grau de cumulatividade do conhecimento parte da análise inicial de Nelson e Winter (2005) de que a atividade inovativa atual da firma e suas capacitações influenciará o ponto de partida para a atividade inovativa futura. Dessa forma, o progresso técnico é direcionado pelo comportamento da firma. Já as características da base tecnológica leva em

conta o conteúdo específico e tácito do conhecimento, o seu grau de complexidade e seu caráter sistêmico (MALERBA; ORSENIGO, 1996)⁸.

As condições de oportunidade são definidas como as possibilidades de inovação de um dado montante de recursos investidos, capazes de provisionar incentivos para a atividade inovativa da firma. Já as condições de apropriabilidade referem-se às possibilidades de proteção de determinada inovação com relação aos imitadores, de modo a permitir às firmas inovadoras os retornos de seu esforço inovativo. Quanto maior for a dificuldade de imitação de determinada inovação, maiores serão as condições de apropriabilidade de uma firma.

A questão da apropriabilidade também é discutida por Dosi (1988), que relaciona as formas de se apropriar de uma inovação entre métodos formais (patentes, marcas, direitos do autor) e métodos estratégicos (segredo industrial, complexidade do desenho do produto, custo e tempo requerido para duplicação), que também inclui a apropriação da eficiência técnica diferencial relacionada às economias de escala. O autor salienta que as condições de apropriabilidade também diferem entre indústrias e tecnologias, sendo possível observar, por exemplo, o uso de patentes mais nas indústrias química e farmacêutica, enquanto que na microeletrônica se dá mais importância ao aprendizado e nas atividades de P&D cumulativas que podem gerar certas competências internas.

Schumpeter (1984) havia observado as vantagens da apropriabilidade das firmas grandes com relação às menores, já que os retornos da inovação originam-se dos monopólios transitórios de uma inovação proporcionada pela demora do imitador. Como a proteção formal por patentes é algo pontual e específico em alguns setores, a imitação por parte dos concorrentes pode ocorrer de forma rápida. Assim, o retorno para um inovador pode depender muito da sua habilidade de exploração da inovação em um período curto, e formas de proteção estratégicas serviriam para estimular os ganhos proporcionados pela mesma. Esse argumento também sustenta a vantagem do tamanho da firma, já que as vantagens de apropriação também estão relacionadas com maiores níveis de capacidade produtiva e arranjos de comercialização que permitem o uso de uma nova tecnologia numa escala maior.

⁸ As questões relacionadas à cumulatividade da inovação e dos tipos de conhecimento serão abordadas no subitem 1.2.2.

Dessa forma, as quatro características dos regimes tecnológicos de Malerba e Orsenigo (1996) afetarão a organização das atividades inovativas e representarão a atividade industrial a qual a firma pertence. Breschi e Malerba (1997) aprofundaram esses determinantes dos regimes tecnológicos e apresentaram uma taxonomia setorial em cinco grupos: (1) “setores tradicionais”, que possuem reduzidas condições de oportunidade, apropriabilidade e cumulatividade, enquanto apresentam uma base de conhecimento simples e genérica, (2) “indústria mecânica e distritos industriais”, que possuem condições de oportunidade médias, baixas condições de apropriabilidade, elevadas condições de cumulatividade e base de conhecimento tácito com algum conteúdo codificado, (3) “grandes indústrias de montagem”, que possuem condições de oportunidades médias, elevadas condições de apropriabilidade e de cumulatividade, e base de conhecimento essencialmente tácita, (4) “grande indústria de alta tecnologia”, que possuem elevadas condições de oportunidades, apropriabilidade e cumulatividade, enquanto a base de conhecimento é tácita e em parte codificada, e (5) “indústria de alta tecnologia”, que também possuem elevadas condições de oportunidade, apropriabilidade e cumulatividade, com base de conhecimento tácita e específica.

Breschi e Malerba (1997) evidenciam que os setores típicos do grupo (1) são os de têxtil, vestuário, calçados, móveis, papel e agricultura; os do grupo (2) são de engenharia mecânica e maquinara; os setores típicos do grupo (3) são de automóveis e de eletrônica; os do grupo (4) são de equipamentos de informática e telecomunicações, e os setores típicos do grupo (5) são de *software*, microeletrônica e biotecnologia. Dessa maneira, os autores buscam uma taxonomia parecida com a do Pavitt (1984), mas que possuem os níveis de regimes tecnológicos como determinante para a diferenciação setorial.

Outros esforços de montar uma taxonomia industrial além das diretrizes do regime tecnológico foram as classificações baseadas em indicadores tecnológicos. Dentre essas taxonomias se destacam a da OCDE (2013) e a de Lall (2000). Este último faz uma classificação de tipos de produtos numa tentativa de superar a classificação do Pavitt (1984) ao sinalizar que a mesma é de difícil utilização, pois as distinções analíticas não são claras e

há grandes sobreposições entre as categorias⁹. Dessa forma, através de indicadores de atividades tecnológicas e da experiência própria, Lall (2000) classifica os produtos em quatro grupos: (1) manufaturas de recursos básicos, (2) manufaturas de baixa tecnologia, (3) manufaturas de média tecnologia e (4) manufaturas de alta tecnologia. Assim, o autor faz uma taxonomia em termos de produtos ao invés de setores indústrias, o que especifica ainda mais o grau de intensidade da tecnologia.

Já a taxonomia de intensidade tecnológica da OCDE (2013) é bastante simples. A classificação utiliza como critério de agrupamento a taxa de investimento em P&D com relação ao valor adicionado das atividades econômicas. Dessa maneira, são relacionados quatro níveis de intensidade tecnológica: (1) baixa intensidade, caracterizado por setores como de alimentos, vestuário e calçados, (2) baixa-média intensidade, caracterizado por setores como de borracha, plástico e produtos de metal, (3) média-alta intensidade, caracterizado por atividades como máquinas e equipamentos e da indústria química, e (4) alta intensidade, caracterizado por setores como produtos de informática e farmoquímicos. A classificação da OCDE (2013) é a mais utilizada em trabalhos empíricos pela simplicidade de mensuração e fácil organização das atividades, além de não ignorar completamente as questões dos regimes tecnológicos ao classificar os setores de acordo com a intensidade do seu investimento em P&D.

A importância dos tipos de atividades econômicas pode ser analisada através da abordagem dos sistemas nacionais de inovação (SNI) no que se refere à busca de um país por setores e regimes tecnológicos mais intensivos em tecnologia. O termo SNI surgiu pela primeira vez de forma explícita em Freeman (1987) como um conceito síntese da abordagem evolucionária. De forma geral, o termo expressa o complexo arranjo institucional que impulsiona o progresso tecnológico e determina a riqueza de determinadas nações. Freeman e Soete (2008) buscaram esse conceito ao perceberem que o crescimento dos países está associado com o desenvolvimento da ciência e da tecnologia e à efetiva exploração de ambas. Estando esse desenvolvimento ligado às inovações, o ambiente

⁹ Lall (2000) utiliza o exemplo de que um mesmo setor de atividade pode possuir diferentes níveis de complexidade tecnológica sob uma mesma categoria de produto. O setor de telecomunicação, por exemplo, pode incluir altos avanços tecnológicos de telefones móveis bem como simples telefones de plástico.

nacional pode ter uma considerável influência para estimular, facilitar, retardar ou até mesmo impedir as atividades inovativas por partes das firmas.

Ao analisarem o histórico de países que conseguiram alcançar o *catching up*, Freeman e Soete (2008) perceberam que o sucesso das inovações dependia de uma ampla variedade de influências além do simples gasto de pesquisa e desenvolvimento. Para os autores, a intensidade de investimento em P&D é importante, mas evidências mostram que as taxas de mudança técnica e de crescimento econômico também dependiam muito de uma eficiente difusão da tecnologia, além de inovações sociais e organizacionais. Apesar da evidência de que arranjos institucionais são decisivos para o progresso técnico e o consequente crescimento econômico, o conceito de sistemas nacionais de inovação ainda é bastante amplo, não havendo uma regra formal do que o mesmo é constituído e nem de seus limites. Edquist (2006), por exemplo, pontua que essa abordagem, de forma geral, coloca a inovação e o processo de aprendizagem no centro da discussão, possui uma perspectiva interdisciplinar, histórica, evolucionária e enfatiza a interdependência de fatores e o papel das instituições.

Há dúvidas na literatura quanto as principais fontes do processo de inovação que devem constituir um SNI. Edquist (2006) relaciona, entre outros, alguns objetivos gerais: provisão de atividades de P&D na criação de novo conhecimento, principalmente em engenharia, medicina e ciências naturais; desenvolvimento de competências da força de trabalho como provisão de educação, treinamento, produção e reprodução de habilidades em geral; formação de novos mercados e busca de paradigmas tecnológicos; redes de mercados, cooperação e outros mecanismos, incluindo interação de aprendizagem entre diferentes organizações envolvidas no processo de inovação; e financiamento para o processo de inovação e outras atividades que poderiam facilitar a comercialização de conhecimento e sua adoção.

Nelson (2006) dá especial atenção para três fatores básicas de um sistema nacional de inovação com o objetivo de alcançar o progresso técnico e sua eficiente difusão: (1) atividades de P&D internas à empresa, no qual a maior parte dos esforços da inovação precisa ser feita pelas próprias firmas, pois, embora elas possam valer-se de desenvolvimentos externos, muitos esforços e desenvolvimentos internos são necessários para complementar e implementar esses avanços; (2) sistema de educação e treinamento,

que fornecem às empresas um fluxo de pessoas com conhecimento e habilidades, enfatizando o fato de que as universidades precisam educar e treinar seus estudantes procurando atender as necessidades do setor produtivo; e (3) políticas fiscais, monetárias e de comércio internacional, que vão desde as questões de clima macroeconômico favorável e abertura comercial que incentive a empresa a competir com o mercado mundial, até programas governamentais que estimulem a inovação e a avaliação de seus resultados.

No que se refere a políticas públicas voltadas para a inovação, há um amplo debate sobre se essas políticas deveriam ser feitas e, se sim, de como deveriam ser feitas. Alguns economistas têm questionado a eficiência de subsídios a projetos de P&D, porém, no geral, argumentam que os gastos públicos de apoio às inovações deveriam ser principalmente orientados em quatro áreas: pesquisa básica, principalmente em universidades; tecnologias genéricas e suas difusões, especialmente nos casos da informática e das comunicações; ramos industriais cujas estruturas impedem a realização do desempenho efetivo de atividades de P&D em relação às firmas; e investimento em infraestrutura de serviços científicos e técnicos (FREEMAN e SOETE, 2008).

Com relação aos investimentos públicos em atividades de P&D para o setor produtivo, Freeman e Soete (2008) mostram alguns casos em que o apoio público obteve sucesso com aumentos de eficiência e bem-estar e outros casos em que sobrepôs comportamentos de desperdício e de *lobby* entre empresários, logo, torna-se essencial uma rigorosa discussão pública das prioridades. Entretanto, alguns autores evidenciam a importância das políticas de inovação para países subdesenvolvidos e que se encontram em processos de *catching up*. Baptista (1997), por exemplo, salienta que com um hiato tecnológico maior nesses países, os mecanismos de livre mercado não levarão a eliminação de defasagens, ao contrário do que acontece com os países que já se encontram na fronteira. Assim, políticas de inovação (educação, financiamento, incentivos entre outros) seriam importantes para a construção de um sistema nacional de inovação forte, desde que bem coordenadas e avaliadas pelo Estado.

Com relação ao caso brasileiro, Albuquerque (2009) evidencia que o país não possui um sistema de inovação completo ou maduro. O autor mostra que a produção científica do país cresce e pode determinar alguma produção tecnológica, mas não ao ponto de viabilizar um efeito retroalimentador sobre a produção científica. Dados disponíveis

sobre ciência, tecnologia, educação, infraestrutura informacional e sistema financeiro confirmam uma posição intermediária do país em seu estágio de construção de SNI. Há também o envolvimento limitado das empresas brasileiras com atividades inovativas e de P&D, pouca produção tecnológica e científica, além de pouca interação entre universidades e empresas. Outro caso agravante é a distribuição geográfica desigual dessas variáveis, no qual existem algumas ilhas de excelência no país referente à dimensão científica e tecnológica, o que não acontece nas outras regiões brasileiras (ALBUQUERQUE, 2009).

1.2.2. Determinantes Internos da Inovação: Estratégias, Capacitação, Conhecimento e Aprendizagem

A análise dos fatores externos para a explicação dos padrões de inovação das diferentes indústrias é importante na proposição de determinantes que se quer chegar. Como foram apresentadas, as características das empresas, de seus respectivos setores e do sistema nacional de inovação devem influenciar a conduta e o desempenho das mesmas. Acontece que, se a análise da firma for feita apenas por fatores de influência externa, não haveria explicação dos diferentes resultados de conduta e desempenho entre as firmas que possuem ambientes de mercado parecidos. O porquê de empresas do mesmo ramo industrial e das mesmas características de tamanho e mercado apresentarem resultados distintos é o que se pretende construir nesse subitem ao abordar as estratégias empresariais internas, bem como as características relacionadas à capacitação da firma e da questão do conhecimento e da aprendizagem nos processos inovativos.

O lado interno da firma é discutido por Penrose (2006), que enfatiza a característica específica dos recursos de gestão disponíveis para a empresa a qualquer momento. A autora argumenta que a empresa é um conjunto de recursos físicos e humanos e que o seu crescimento é fundamentalmente condicionado pelos seus serviços gerenciais. Os empresários buscam o crescimento na medida em que identificam e exploram novas oportunidades de diversificação e aumento da eficiência, mas também estão sujeitos a restringir esse crescimento na medida em que são criados limites internos sobre a taxa em que novos recursos gerenciais podem ser adquiridos e treinados para adquirir novas oportunidades. Apesar do trabalho da Penrose (2006) ser voltado para o crescimento da

firma via estratégia de diversificação, o termo inovação poderia ser tomado como variável dessa estratégia. Coombs *et al.* (1987) enfatizam que a diversificação é um termo bem mais amplo do que inovação, mas há vários pontos de justaposição nos termos das motivações e nos fatores de influência.

Essa ligação do ambiente externo com as estratégias internas da firma no que se refere às atividades de P&D é apresentada por Coombs *et al.* (1987), que buscam na literatura da administração a ligação entre tecnologia e planejamento administrativo. Para os autores, a essência do plano corporativo é o seu papel em identificar o mercado em que uma empresa está operando e o mercado em que essa mesma empresa irá operar em algum ponto do futuro. O mesmo questionamento se faz de quais são os grupos de produtos que produz e qual será a mudança desses produtos no futuro. A partir daí surge a questão de decisão, de ações específicas e de estratégias, que são embasadas com vistas a um resultado de dois essenciais tipos de fatores: análise de capacitação, referente ao grau de capacidade tecnológica, e uma análise de estimativa sobre as mudanças no ambiente externo, referente ao grau de ameaças e oportunidades.

Esse plano corporativo de análise das oportunidades pode ser definido em vista a alcançar um objetivo específico, como, por exemplo, manter a liderança no mercado de determinado produto X. Em princípio, esse objetivo pode ser alcançado por um número de rotas ou rotinas a serem adotadas, porém, a análise da capacitação da companhia deve permitir habilitar essas rotas e alocar com antecedência recursos necessários para o alcance do objetivo em questão. Os determinantes para o gasto em atividade de P&D seguiriam essa lógica estratégica ao adotar uma rota de investimento de decisão em que a firma escolhe o retorno do seu capital entre o presente e o futuro (COOMBS *et al.*, 1987).

Do ponto de vista econômico, o critério para o investimento deve ser a taxa de retorno esperada sobre o investimento. Porém, a incerteza de qualquer investimento de longo prazo, principalmente um que envolve a imprevisibilidade intrínseca de algumas tecnologias, mostra que o cálculo sobre o retorno esperado é quase impossível *ex-ante*. Em princípio, os recursos alocados para a atividade de P&D poderiam ser transferidos para a produção e marketing de produtos já existentes em vista a obter ganhos de curto prazo, mas o fato de muitas firmas utilizarem a primeira opção sugere que o investimento em P&D tem se tornado bem estabelecido em setores substanciais da indústria (COOMBS *et al.*, 1987).

Dessa forma, Coombs *et al.* (1987) relacionam algumas diretrizes em que o gasto em P&D pode ser determinado: (a) custeio de programas comuns de pesquisa; (b) comparação com os gastos de outras firmas; (c) porcentagem do volume de negócio; (d) porcentagem do lucro; e (e) referência do gasto anterior. Porém, vale ressaltar que todas essas diretrizes possuem desvantagens ou são quase impraticáveis no mundo real devido ao caráter essencialmente incerto das inovações discutido anteriormente.

O custeio de programas de pesquisa visa alguma técnica de avaliação de projetos e de lucratividade potencial, o que é quase impossível na prática pela falta de informações e pela própria característica de incerteza já assinalada anteriormente. A comparação com os gastos de outras firmas parte do pressuposto de que indústrias de mesmos setores possuem uma aproximação no seu nível mínimo de investimento em P&D, porém, a informação do gasto de outras firmas nem sempre está disponível ou fácil de interpretar. A definição de atividades de P&D pode variar de firma para firma, diferentes tipos de programas possuem diferentes custos intrínsecos e algumas firmas podem ser mais eficientes no seu uso de recursos do que outras.

Já a porcentagem do volume de negócios é considerada a medida usual de intensidade de pesquisa, que ganha vantagem sobre a medida de porcentagem da lucratividade por esta última geralmente apresentar flutuações maiores, o que traria um caráter de instabilidade no gasto de P&D. O uso de uma porcentagem do volume de negócios como medida possui em seu favor o fato racional de que se o volume de negócio cresce, o gasto em P&D também deverá crescer em conformidade com o aumento do tamanho da empresa. A última diretriz destacada pelos autores, referência do gasto anterior, também possui desvantagem por estar associada com as disputas entre os funcionários do departamento de pesquisa e desenvolvimento e os controladores de recursos, que reivindicarão suas respectivas necessidades.

Por fim, Coombs *et al.* (1987) destacam que nenhuma dessas técnicas apresentadas anteriormente podem se apresentar de forma definitiva, no qual a tomada de decisão da empresa parece estar muito mais ligada com uma avaliação geral e de interação dessas estratégias. Os autores ainda afirmam através de estudos empíricos que o nível de investimento em P&D tende a exibir alguma uniformidade ao nível da indústria, o que implica que o nível de gasto não é apenas determinado por forças únicas de cada firma,

salientando o fator externo da estrutura de mercado e do setor de atividades analisados anteriormente.

Uma observação também deve ser feita no que se refere à pesquisa básica ou fundamental, que possui ainda mais incertezas do que o investimento em P&D total em si. Sem a pesquisa básica há poucas inovações no longo prazo, porém, a incerteza é ainda maior devido ao longo tempo necessário, as expectativas de resultados são ainda mais incertas e há a impossibilidade de patenteamento. Essa peculiaridade levanta o ponto de vista de que a pesquisa básica deveria ser feita pelo Estado e pelas universidades, através de um sistema financiado pelo governo. Acontece que, mesmo que isso ocorra, dificilmente as firmas irão possuir sucesso ao utilizar resultados públicos se elas mesmas não possuírem alguma capacidade científica própria ou de competências necessárias para o aprendizado tecnológico (COOMBS *et al.*, 1987).

Nelson e Winter (2005) também destacaram a tomada de decisão sobre o montante em P&D em uma série de regras de decisão que norteiam esse nível de esforço. Para os autores, essas regras determinam a direção da busca de inovações e podem estar vinculadas a algumas variáveis como tamanho da firma, sua lucratividade, atuação de seus concorrentes, avaliação dos resultados de P&D em geral e, entre outros, o complexo particular de habilidades e de experiências possuídas pela empresa. Nesse sentido, espera-se que as regras de decisão estejam relacionadas tanto aos fatores que dizem respeito à demanda ou ao resultado das atividades de pesquisa e desenvolvimento como aos fatores que dizem respeito à oferta ou ao custo dessas atividades.

Dessa maneira, uma boa regra de decisão sobre alocação de recursos em P&D precisa atender tanto os fatores do lado da demanda quanto os fatores que influenciam a facilidade ou o custo da invenção. O fato é de que as firmas não podem esperar encontrar estratégias ótimas devido ao caráter intrínseco de incerteza da inovação. Como salientado por Nelson e Winter (2005, p. 370), “uma vez que não é possível considerar todas as alternativas, deve-se empregar algum procedimento um tanto mecânico para estreitar o foco em torno de um pequeno conjunto de alternativas, e depois avaliar os elementos promissores dentro desse conjunto”.

Tanto a teoria evolucionária de Nelson e Winter (2005) quanto a abordagem da teoria da administração ressaltada por Coombs *et al.* (1987) demonstram o caráter de rotina

que determina o montante do gasto destinado a atividades de P&D, principalmente no que se refere a certa parcela do volume de negócios como pratica para determinar esse valor. Entretanto, devido à complexidade da dinâmica da inovação, nenhum fator isolado pode ser considerado como decisivo para a prática de atividades inovativas. Características endógenas relacionadas ao conhecimento tácito e a sua forma de aprendizagem e difusão também são importantes nessa análise.

O processo de mudança tecnológica na busca e seleção de inovações na abordagem evolucionária envolve o aperfeiçoamento de aptidões tecnológicas, ou seja, o aprendizado da utilização de tecnologias já existentes e da criação de novas. O ritmo e a direção da cumulatividade de técnicas e conhecimento, que define a trajetória tecnológica, vão depender dos níveis de formalização e do propósito dos esforços inovativos, bem como a sua forma de aprendizagem (NELSON; WINTER, 2005). Dentre esses esforços, as atividades de P&D claramente são apontadas pela literatura como o principal mecanismo de esforço inovativo capaz de gerar conhecimento relacionado à tecnologia. Essa relação se desenvolve pelo fato de as atividades de pesquisa e desenvolvimento serem apontadas como o meio mais formal de aprendizado e mudança técnica, no qual os mesmos ocorrem em seus níveis mais elevados, na fronteira do conhecimento tecnológico.

Cohen e Levinthal (1989) ressaltam a importância das atividades de P&D ao constatarem que essas atividades não são apenas responsáveis pela produção e geração de novo conhecimento como também aumentam a capacidade da firma de assimilar e explorar as informações já existentes. Dessa maneira, os autores estabelecem essas duas características das atividades de pesquisa e desenvolvimento, evidenciando-se o conceito de capacidade de absorção da firma. Quanto maior a habilidade da empresa de reconhecer o valor de um novo conhecimento, assimilá-lo e aplicá-lo a fins comerciais, maior será a sua capacidade de absorção. Essa capacidade, por outro lado, é função das capacitações ou do nível de conhecimento prévio da firma e pode ser desenvolvida como um subproduto dos investimentos em P&D ou do processo produtivo (*learning-by-doing*)¹⁰.

¹⁰ *Learning-by-doing* é o processo de “aprender fazendo” através da experiência própria no processo de produção. Essa expressão foi inicialmente utilizada por Arrow (1962b), mas difere dos aspectos em que Cohen e Levinthal (1989) utilizam. Enquanto o primeiro não dava importância aos custos de transferência de tecnologia ao tratar a inovação como um bem público de fácil difusão, os últimos consideram que os custos de

A questão da absorção de conhecimento também é desenvolvida por Lundvall *et al.* (2004), que destacam diferentes tipos de conhecimento adquirido e a forma como ele interage com o processo de mudança tecnológica. Inicialmente, os autores exemplificam algumas definições estabelecidas de conhecimento tácito e conhecimento codificado. O primeiro caso se refere normalmente a competências implícitas que não são facilmente transformadas em informação, enquanto o segundo caso se refere ao conhecimento transmitido, que pode ser transformado em informação. Essas duas formas de conhecimento não são excludentes, pois o mesmo pode possuir, em graus diferentes, elementos tácitos e codificados.

Acontece que essa primeira definição de conhecimento depende muito da forma como ele é exposto, no sentido implícito ou explícito. Um conhecimento codificado não garante que ele será acessível a todos, pois pode depender de habilidades e absorções prévias. Esse conhecimento explícito e codificado pode também não estar facilmente disponível ou disponível apenas localmente, com a exigência de códigos e habilidades pessoais de determinado local. O conhecimento também pode ser individual ou coletivo, no qual pode estar inserido em pessoas ou em organizações que adotam as suas próprias práticas e cultura nos processos produtivos (LUNDVALL *et al.*, 2004).

Explicitado essa visão geral acerca do conhecimento, Lundvall *et al.* (2004) relacionam o mesmo através das seguintes classificações: *know-what* (saber o quê), que se refere ao conhecimento explícito sobre fatos relevantes, acontecimentos, quantidades, conceitos e objetivos, além de ser semelhante à informação; *know-why* (saber por que), referente ao conhecimento de princípios técnicos científicos, teorias e leis básicas necessárias ao entendimento da natureza e estruturas implícitas, no qual a sua aquisição irá diferir entre as capacitações dos agentes; *know-how* (saber como), que é o conhecimento tácito e referente às habilidades próprias dos agentes, baseado na experiência e na capacidade de fazer algo; e *know-who* (saber quem), que é o conjunto de habilidades sociais que a partir dela o indivíduo se torna capaz, importante para a divisão do trabalho e para a complexidade do conhecimento. Os conhecimentos do tipo *know-what* e *know-why* estão associados a características codificadas, enquanto os tipos *know-how* e *know-who* a

transição tecnológica são essenciais, no qual uma maior capacidade de absorção da firma é decisiva para a diminuição desses custos (COHEN; LEVINTHAL, 1989).

características tácitas. O autor ainda destaca que esses conhecimentos são complementares, no qual o processo de aprendizagem envolve e ocorre sobre diferentes formas.

Após estabelecer as várias distinções de conhecimento, Lundvall *et al.* (2004) estabelecem dois diferentes modos de aprendizado e inovação. O primeiro modo é caracterizado como STI (*Science, Technology, Innovation*), tratando-se do conhecimento codificado e de base científica, cujo processo de inovação é dominante e com importante participação dos departamentos de P&D. O conhecimento do tipo *know-why* é dominante nesta abordagem. Já o segundo modo é caracterizado como DUI (*Doing, Using, Interacting*) que se relaciona com os canais de aprendizagem. Este modo está relacionado principalmente com o tipo de conhecimento *know-how*, caracterizado pela sua forma tácita, localizada e determinadas práticas organizacionais.

Os dois modos de inovação e aprendizagem são complementares e se interagem de várias formas dentro de uma empresa. Lundvall *et al.* (2004) ressaltam a importância de estabelecer as duas características. Para os autores, os departamentos de P&D não podem ser totalmente voltados para o sentido STI, pois as características do DUI são importantes para o desenvolvimento de inovações, assim como uma firma somente embasada em DUI precisa de características do STI para alcançar maior diversificação e competitividade. Essa relação muitas vezes é estabelecida entre pequenas empresas e grandes empresas, assim como empresas de países em desenvolvimento e empresas de países desenvolvidos, no qual, geralmente, as características do DUI estão presentes nos primeiros e as características do STI estão presentes no segundo.

A classificação dos tipos de conhecimento de Lundvall *et al.* (2004) pode ser ampliada e compatibilizada com alguns tipos de esforços de aprendizagem frequentemente mencionados na literatura sobre capacitação tecnológica. As classificações mais utilizadas são: *learning-by-doing*, que é o aprendizado através da experiência própria no processo de produção; *learning-by-using*, que corresponde o aprendizado na comercialização e no uso; *learning-by-searching*, através do aprendizado decorrente da busca por novas soluções técnicas nos departamentos de P&D ou em centros menos formais; e *learning-by-interacting*, que é o aprendizado adquirido através da interação com fontes externas, como fornecedores, clientes, consultores, concorrentes, universidade, centros de pesquisa e governo (LEMOS, 1999).

O esforço de aprendizagem através do *learning-by-interacting* vem ganhando destaque na literatura na questão das redes de inovação e da cooperação em atividades de P&D, que pode ser feita entre empresas do mesmo grupo, com empresas concorrentes e com universidades e centros de pesquisa. Esse tipo de cooperação acontece por causa da maior complexidade científica, da convergência tecnológica e dos altos custos das atividades de pesquisa. Poucas empresas conseguem reunir internamente todas as competências necessárias para desenvolver novos produtos na medida em que diferentes tecnologias se convergem, o que promove as alianças estratégicas para complementar as competências e dividir os custos e riscos inerentes às inovações (POWELL; GRODAL, 2005).

Powell e Grodal (2005) atribuem a importância das redes de cooperação como o *locus* da inovação, responsáveis pela criação do conhecimento da indústria moderna e por promover a posição competitiva. Os autores evidenciam que o crescimento das indústrias mais intensivas em conhecimento foi intensificado devido aos arranjos cooperativos de atividades de P&D entre as firmas, o que levanta a suposição de que a cooperação e as redes de inovação estão mais presentes em setores de maior intensidade tecnológica. Alguns estudos empíricos analisados pelos autores também evidenciam que a intensidade interna de investimento em P&D e a sofisticação tecnológica estão relacionadas positivamente tanto com o número quanto com a intensidade de alianças estratégicas entre as empresas.

A questão da cooperação também pode estar relacionada à transferência de tecnologia e a tecnologia incorporada em bens de capital. O processo de transferência de tecnologia envolve diferentes formas de transmissão de conhecimento, incluindo contratos de assistência técnica em que a empresa obtém ajuda externa para iniciar o processo produtivo, solucionar problemas ou lançar novos produtos. Assim, a compra de uma tecnologia mais avançada permite um salto tecnológico em processos ou produtos, no qual o mesmo pode se dizer sobre a aquisição de máquinas e equipamentos, que dependerão da qualidade do suporte técnico (TIGRE, 2006).

No entanto, como assinalado por toda a teoria evolucionária e dos tipos de conhecimento analisados, o processo de aprendizagem sobre a operação e manutenção da transferência de tecnologia depende diretamente dos esforços dos usuários em desenvolver

capacitação tecnológica própria. A falta desse esforço próprio para adaptar e aperfeiçoar a tecnologia adquirida apenas gerará um ganho de eficiência estático, pois não haverá melhorias subsequentes de produtividade. A eficiência dinâmica apenas é obtida quando a transferência ou a aquisição tecnológica é acompanhada pelo desenvolvimento de capacidade interna para promover inovações incrementais em produtos e processos. Tal capacidade está baseada na disponibilidade de recursos especializados, como pessoal qualificado e programas de qualidade (TIGRE, 2006).

1.3. Inovação e Produtividade

Mais do que os determinantes da inovação examinadas nas subseções anteriores, as consequências da mesma foram objeto de estudo de vários economistas em diferentes escolas de pensamento. Schumpeter (1984) se preocupou mais com as consequências das inovações do que com a sua origem, enquanto que as escolas neoschumpeterianas e evolucionárias se preocuparam em preencher a lacuna sobre o processo de como a inovação é criada e difundida. A escola neoclássica, por sua vez, passou a se interessar mais pelo assunto através das teorias do crescimento econômico desenvolvidas inicialmente por Solow (1957), enquanto que a nova teoria do crescimento endógeno se preocupou de resolver algumas simplificações dessa teoria, principalmente no que se refere à endogeneização do processo inovativo. Apesar de muito diferentes em suas concepções e pressupostos, ambas as escolas entraram em consenso no que se refere ao destaque dado ao progresso tecnológico como decisivo para o aumento da produtividade e o crescimento econômico de longo prazo.

Essa subseção está dividida em dois subitens. O primeiro subitem aborda a evolução da teoria econômica da inovação no que se refere à relação entre inovação e produtividade, relacionando escolas de pensamentos distintas. O segundo subitem introduz a construção metodológica empírica sobre essa relação, que desencadeou no modelo CDM. Abordam-se também as evidências empíricas de estudos que utilizaram esse modelo, relacionando as diferenças encontradas nos resultados de trabalhos com dados de países desenvolvidos e com dados de países em desenvolvimento.

1.3.1. Inovação e Produtividade na Teoria Econômica

A importância atribuída ao progresso tecnológico surgiu, como bem observado por Rosenberg (2006), da constatação de vários economistas de que uma parcela muito pequena do crescimento de longo prazo do produto per capita norte-americano poderia ser explicado por apenas aumento dos insumos na forma como eles eram convencionalmente mensurados. Trabalhos empíricos mostravam que o simples aumento de mais recursos como capital e trabalho não eram suficientes para explicar o crescimento econômico. Assim, houve certo consenso de que o crescimento do produto per capita dependia muito mais do aumento da produtividade dos recursos do que o uso de mais recursos (ROSENBERG, 2006).

No pensamento neoclássico, o aumento de produtividade surge através do processo de corte de custos advindos das inovações de processo. Isso acontece, em um modelo simplificado, através dos deslocamentos das funções de produção (as isoquantas) para a origem em um gráfico que considera o capital e o trabalho como insumos. O salto tecnológico altera a eficiência da produção com a utilização de menos trabalho e/ou menos capital, o que diminuirá os custos e aumentará a produtividade. Assim, uma maior quantidade de produtos e serviços pode ser produzida com uma população constante (COOMBS *et al.*, 1987).

O modelo neoclássico sofre de muitas limitações e simplificações. A principal delas talvez seja que os ganhos acontecem apenas com a redução de custos proporcionados pelas inovações de processo. O desempenho das inovações de produtos tão destacadas por Schumpeter (1984) são ignoradas e o processo evolucionário de destruição criativa de um modelo dinâmico não é levado em conta. Para o autor, as inovações radicais de novos produtos é a principal característica para o lucro extraordinário objetivado pelas empresas, que abrirão novas oportunidades e apresentarão aumentos de produtividade.

Rosenberg (2006), na sua tentativa de abrir a “caixa-preta” do processo de inovação, observa que as altas taxas de crescimento agregado em pontos históricos das economias industrializadas têm sido reflexo de mudanças contínuas na composição do setor industrial e de seus novos produtos. O crescimento advindo do impacto da redução de custos das inovações técnicas experimentados por alguns ramos industriais foi

desacelerando em alguns momentos. Isso se deve a elasticidade-renda e elasticidade-preço de longo prazo da demanda serem normalmente baixas para bens de consumo antigos, o que faz com que as inovações redutoras de custos proporcionem um impacto agregativo relativamente pequeno. Dessa forma, o crescimento rápido contínuo requer mais o desenvolvimento de novos produtos e de novos ramos industriais do que apenas inovações de processo redutoras de custos.

Porém, faz-se necessário reconhecer que a teoria neoclássica passou a considerar o processo de mudança técnica como responsável pelo crescimento econômico, desenvolvendo modelos que visavam observar essa distinção. Nesse pensamento, a principal fonte de investigação do impacto do progresso tecnológico na economia foi desenvolvida por meio dos trabalhos de Solow (1957). Por meio de uma função de produção do tipo Cobb-Douglas, todo o resíduo que não era explicado pelos fatores de capital e trabalho poderia ser concluído como o fator do progresso tecnológico¹¹. Dessa forma, o autor considerava os coeficientes flexíveis e o crescimento atribuído a vários fatores, além de ser uma medição agregada em níveis macroeconômicos.

Claramente o modelo descrito por Solow (1957) apresentava algumas limitações. Steingraber (2009) evidencia que, apesar da principal contribuição da teoria de Solow ser a determinação da produtividade como elemento da incorporação do progresso técnico, este ainda era tratado como exógeno e, principalmente, medido de forma indireta, por meio de um resíduo. A medição da produtividade total dos fatores é cercada de controvérsias na literatura econômica. Essas controvérsias variavam desde a definição de capital, que, medido de forma agregada, poderia possuir níveis tecnológicos distintos entre indústrias, até a separação entre os níveis micro e macroeconômicos de análise da produtividade e da inovação (STEINGRABER, 2009).

Outros problemas dessa abordagem são destacados por Nelson (2006), que definiu três falhas mais gerais em decorrência de suas observações empíricas: i) inclinação em decompor as origens do crescimento, quando de fato havia forte evidência de que elas eram

¹¹ O progresso tecnológico pode ser determinado pela função de produção $Y_{it} = AK_{it}^{\delta} L_{it}^{1-\delta}$, onde transformando as variáveis em logaritmo e isolando o progresso técnico, denominado de produtividade total dos fatores (PTF), tem-se: $\alpha = y_{it} - \delta k_{it} - (1 - \delta)l_{it}$. Onde α é a PTF, k é o capital, l é o trabalho e y é a produção.

complementares; *ii*) tendência de tratar o crescimento econômico como um processo envolvendo um equilíbrio em movimento, porém contínuo, enquanto as evidências de contínuo desequilíbrio eram muito fortes; e *iii*) o fato de que muito da complexidade institucional do capitalismo tenha sido reprimida. Dessa maneira, o autor propunha a necessidade de uma teoria evolucionária e com aspectos microeconômicos para melhor entender o processo de inovação.

Nelson (2006) também observou que a maioria das pesquisas empíricas em volta do modelo de Solow evoluiu ao incorporar algumas variáveis que pudessem explicar o aumento da produtividade, desconsiderando o resíduo explicado pela mudança técnica ao apenas inserir variáveis sem embasamento teórico. O resultado dessas pesquisas foi o de que um grande resíduo ainda persistia¹² e pouco desenvolvimento teórico sobre a mudança técnica foi apresentado. Os poucos empreendimentos empíricos ao nível da empresa eram justificados de que, no pensamento neoclássico, a produtividade da empresa em qualquer momento é simplesmente determinada pela tecnologia disponível e pelas condições de mercado (preço dos fatores de produção) (NELSON, 2006).

Como já apresentado sobre a teoria neoschumpeteriana e evolucionária, e para um bom entendimento do processo de inovação, o conhecimento tecnológico não é dado como público, sendo a empresa uma organização complexa que pode possuir interesses variados entre seus agentes. Dessa forma, também há diferenças de produtividade entre empresas de um mesmo ramo, pois diferenças na organização interna das empresas e conhecimento sobre o acesso às tecnologias são importantes. Logo, para essa corrente de pensamento, o atraso tecnológico e as diferenças de produtividade têm menos a ver com a idade do maquinário e estão mais relacionados com o baixo nível de treinamento tecnológico de seus administradores e com a falta de uma forte organização de atividades de P&D (NELSON, 2006).

Assim, para Nelson (2006), o que explica as diferenças de produtividade está relacionado com os aspectos organizacionais e com as competências tecnológicas. No que se refere aos aspectos organizacionais, a importância se dá no caráter das relações da

¹² Na famosa frase de Abramovitz (1956): “Dado que pouco sabemos acerca das causas do aumento da produtividade, a importância indicada desse elemento pode ser considerada como sendo uma espécie de medida da nossa ignorância sobre as causas do crescimento econômico”.

administração com os trabalhadores e de suas habilidades e experiências, entre outras características que envolvem a interpretação do que é alcançado por determinados insumos com uma dada técnica, e não em termos das diferentes quantidades de insumos empregados nessa mesma técnica. Já os aspectos que envolvem as competências tecnológicas estão relacionadas com o fato de que muitas novas tecnologias possuem proprietários e pela importância do tempo e dos custos envolvidos em seu aprendizado e na aprendizagem do uso dessas novas tecnologias.

Outra questão polêmica do modelo de progresso tecnológico exógeno de Solow foi a implícita previsão sobre o crescimento dos países e sobre o comportamento dos insumos. O modelo deixava implícito que as taxas de crescimento da renda per capita de diferentes países deveriam convergir ao longo do tempo. Também estava previsto que os insumos, capital e trabalho, iriam se deslocar das regiões das quais eles eram abundantes para regiões nas quais eles fossem escassos, num processo onde as taxas de retorno econômico desses insumos deveriam convergir (SOLOW, 1957). Com raras exceções essas previsões se confirmaram na realidade, no qual, apesar de considerar, assim como Schumpeter (1984), o progresso tecnológico como o motor do crescimento, o modelo não conseguiu explicar as diferenças nos níveis de renda per capita entre os países.

Dessa forma, a simplicidade do modelo de Solow e de seus pressupostos muito restritivos, entre eles a questão da inovação ser tratada como um bem público puro e da condição de uma estrutura de mercado de concorrência perfeita, fez com que surgisse uma nova geração de economistas, em meado dos anos 1980, com a finalidade de tentar explicar o porquê dos países ricos virem crescendo relativamente mais rápido do que os países menos desenvolvidos. Esses esforços conduziram ao surgimento de uma nova teoria do crescimento, que agora tratava a tecnologia como endógena, embora não se desvencilhasse da teoria neoclássica ao assumir a condição de equilíbrio.

A nova teoria do crescimento endógeno¹³ procurou encontrar as fontes do crescimento econômico que estão por trás do progresso técnico, ao invés de assumi-lo

¹³ Silva (2012) observa que a teoria do crescimento endógeno tem ligações com a teoria do capital humano, com ênfase na importância dos recursos humanos no desenvolvimento econômico e social, e que foi inicialmente desenvolvida por Theodore Schultz, nos anos 1960. Solow (2000) também identificou que muitas implicações da nova teoria já haviam sido exploradas por Arrow (1962b), principalmente no que se

apenas como um elemento exógeno e um bem público puro não rival e não exclusivo. Dentre as contribuições desses economistas, destaca-se o trabalho de Romer (1990), que focou no processo de inovação tecnológica na forma de monopólio temporário como na ideia de Schumpeter (1984).

Para Romer (1990), o crescimento de longo prazo também dependia do processo de acumulação de habilidades. Para superar a limitação da tecnologia como um bem público puro, entendido como uma barreira ao estímulo de investimento em pesquisas e inovação pelas firmas, a nova teoria do crescimento endógeno passou a considerar a tecnologia como um bem semipúblico. Essa suposição acontece por intermédio da diferenciação do conhecimento tecnológico entre conhecimento geral e específico, e é produzido pelo conjunto das instituições de pesquisa, incluindo as próprias empresas. Por um lado, as firmas possuem poder de monopólio sobre uma inovação através de seus conhecimentos específicos e por meios de proteção como segredos e patentes. Por outro lado, esse conhecimento deixa de ser específico ao longo do tempo e passa a ser geral na medida em que a proibição da difusão total é impossível. Logo, os incentivos para inovar são restabelecidos com a denotação da inovação tecnológica como um bem semipúblico não rival e excludente apenas parcialmente.

Outros relaxamentos quanto ao arcabouço teórico neoclássico e do modelo de Solow (1957) vindo da nova teoria do crescimento endógeno, representado por Romer (1990), foram: a hipótese dos retornos marginais físicos decrescentes, que passou a ser substituída pela hipótese de retornos crescentes, na produção de projetos econômicos novos; e a incorporação da noção de concorrência imperfeita para permitir a compreensão do motivo pelo qual as firmas vendem seus produtos por um preço acima dos custos marginais de produção, que ocorrerão mediante o benefício de rendas de monopólio oriundas de investimentos em inovação, dado pelo caráter de exclusão parcial dos conhecimentos tecnológicos.

Silva (2012) analisa que os avanços da teoria do crescimento endógeno mostraram uma absorção parcial do aparato teórico de Schumpeter (1984) e dos neoschumpeterianos. O próprio Romer (1994) observa que sua estrutura analítica já havia sido desenvolvida de

refere à noção de *learning-by-doing*. Já Nelson (1997) enfatiza que a nova teoria do crescimento endógeno não possui nada mais do que uma maior sofisticação do modelo de Solow (1957).

maneira alternativa por Nelson e Winter (2005) de forma bastante flexível, no qual o seu trabalho pode ser pensado mais como um complemento de formalização teórica e menos como um substituto. Porém, também é evidente que os dois campos teóricos ainda possuem discordâncias fundamentais, principalmente no que se refere à questão de equilíbrio e na inovação como mercadoria. Para os economistas do crescimento endógeno, apesar da inovação não ser um bem público puro, ela ainda pode ser comercializada e transferida como uma mercadoria qualquer, enquanto que os neoschumpeterianos e evolucionários colocam em evidência o caráter tácito do conhecimento. Para estes, a aquisição e a transferência da inovação e da tecnologia nem sempre ocorre de forma automática, no qual estão associadas a processos de aprendizagem¹⁴.

Assim, mesmo possuindo campos teóricos distintos, a questão da inovação e do progresso tecnológico ganhou destaque como motor do desenvolvimento econômico na academia. O tema também ganhou destaque nas políticas públicas dos países através da questão dos sistemas nacionais de inovação e reconhecimento dos organismos multilaterais como o Banco Mundial e a OCDE, que passaram a promover um consenso da importância tecnológica e a incentivar pesquisas empíricas voltadas para entender e quantificar o impacto do progresso tecnológico sobre a produtividade e o crescimento econômico.

Os estudos empíricos do nível da empresa no que se refere aos determinantes da inovação e de suas consequências eram prejudicados devido à dificuldade de mensurar tais variáveis. Esforços como os da OCDE (2005), através do Manual de Oslo, em definir medidas de impacto e análise da inovação na economia, foram importantes para a discussão e a formalização na busca de dados. Por isso, o entendimento da inovação se ampliou e incorporou diversos fatores de mensuração, envolvendo características de investimento em P&D, conhecimento, aprendizagem, mão-de-obra qualificada, cooperação, questões de financiamento, entre outras abordagens que estão de acordo com um conceito mais complexo de múltiplos atores e diferentes determinantes.

A busca do impacto das inovações sobre a produtividade e o envolvimento de outras variáveis e abordagens nesse processo vem crescendo na literatura econômica. A maior disponibilidade de dados em nível da firma proporcionou um crescente aumento de pesquisas empíricas nessa área e os resultados encontrados ainda estão em pleno debate.

¹⁴ Abordado no subitem 1.2.2.

Fato é que a compreensão dos determinantes e das consequências da inovação é de difícil entendimento em um nível macroeconômico, sendo importante capturar e reconhecer a complexidade em nível empresarial, setorial e regional. Algumas evidências empíricas a cerca desse debate podem ser verificadas no subitem a seguir.

1.3.2. Construção e Evidências Empíricas do Modelo CDM

Como observado no subitem anterior, o Manual de Oslo (OCDE, 2005) colaborou amplamente para o desenvolvimento empírico dos determinantes e impactos da inovação ao estabelecer padrões metodológicos de mensuração e análises estatísticas do tema sobre a economia¹⁵. Dentre as análises empíricas econométricas, a questão da inovação e de seu impacto na produtividade vem ganhando destaque dentro da literatura econômica. A metodologia utilizada para isso pode variar bastante diante dos objetivos propostos de pesquisa, porém, atualmente há certo consenso sobre a forma de como isso deve ser feito para evitar problemas de inferência e de viés estatístico.

Uma maneira de avaliar a relação entre produtividade e inovação seria abranger esta última como um estoque de conhecimento da firma. Dessa forma, numa função de produção do tipo Cobb-Douglas, o estoque de conhecimento seria alocado como um insumo, assim como acontece comumente com o capital e o trabalho¹⁶. Inicialmente, esse estoque de conhecimento foi atribuído como sendo o estoque de P&D, o que desencadeou uma série de estudos que relacionava investimento em P&D com produtividade (GRILICHES, 1979). Porém, como destacado por Mairesse e Sassenou (1991), essa abordagem sofre de sérios problemas de robustez. Para os autores, os efeitos dos investimentos em P&D na produção são incertos, já que nem todo gasto se concretizará em melhorias e inovação, além de ocorrerem somente após certa distância temporal. Há também

¹⁵ Destaca-se também os esforços de pesquisa da *Community Innovation Survey* (CIS), que envolve a comunidade europeia. No Brasil, esse tipo de pesquisa se tornou mais contundente com a disponibilidade de dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) elaborada pelo IBGE a partir dos anos 2000.

¹⁶ Essa função de produção pode ser expressa como: $Y_i = AX_i^\alpha Z_i^\beta e^{\varepsilon_i}$. Onde Y representa a taxa de produtividade; A uma constante de eficiência; X um vetor de insumos como trabalho, capital e etc; Z representaria o estoque de conhecimento; e e o termo de erro (GRILICHES, 1979).

os efeitos de outros fatores de produção, que podem ocorrer simultaneamente aos de P&D, tornando estes de difícil identificação.

Para resolver esse problema, Crépon, Duguet e Mairesse (1998) consideraram que o investimento em P&D na verdade é um insumo da inovação, enquanto que é esta última que de fato afeta a função de produção das firmas. Logo, os autores elaboraram um modelo em três estágios, no qual se avalia o impacto de algumas variáveis sobre o gasto em P&D, depois o impacto desse gasto sobre a inovação e, por fim, desta última sobre a produtividade (função de produção). Essa abordagem evita o problema da defasagem temporal com que os investimentos em P&D impactam na produção, já que reconhece que o que gera esse impacto é a inovação em si, e não propriamente os esforços envolvidos em torno dela. Essa metodologia ficou reconhecida na literatura como modelo CDM e vem sendo amplamente utilizada quando se avalia de forma econométrica a relação entre inovação e produtividade.

Dentre as três etapas do modelo CDM, a maior dificuldade seria a identificação dos determinantes da geração do estoque de conhecimento, que impactam o investimento em P&D ou de qualquer outra atividade inovativa, ou seja, o primeiro estágio do modelo. Griliches (1979) denominou esse processo de transformação dos esforços inovativos em inovação como “função de produção de conhecimento”, no qual o estoque de conhecimento gerado pela firma é uma função do esforço no processo de criação de conhecimento, além do fluxo de informações internas e externas à empresa. Logo, o esforço inovativo pode ser determinado por uma série de fatores como os abordados na subseção 1.2 sobre os determinantes das atividades inovativas e da inovação: tamanho da firma, condição de apropriabilidade, estrutura de mercado, oportunidades tecnológicas (*technology push*), fatores da demanda (*demand pull*), ambiente organizacional e tecnológica da firma, estrutura de financiamento, apoio do governo, entre outros.

Outra vantagem do modelo CDM é que o mesmo evita alguns problemas econométricos, como a aparente endogeneidade entre as variáveis de esforço inovativo, inovação e produtividade, além do problema do viés de seleção entre as empresas que inovam e as que não inovam¹⁷. O modelo também permite certa flexibilidade quanto à

¹⁷ As equações do modelo, bem como as correções econométricas sobre o viés de seleção e endogeneidade, serão apresentadas no Capítulo 2, no que se refere à metodologia.

forma de estimação¹⁸ e o uso de variáveis explicativas, sendo, no geral, estabelecido o critério dos três estágios.

Mairesse e Mohnen (2003), Hall e Mairesse (2006) e Hall (2011) selecionam vários trabalhos que abordam a questão da inovação e produtividade nos moldes do modelo CDM. Hall (2011), por exemplo, verifica a grande heterogeneidade de resultados encontrados, nos quais nem sempre são tão bem sucedidos como os valores encontrados por Crépon, Duguet e Mairesse (1998). Estes testaram um banco de dados de empresas francesas e encontraram uma correlação positiva entre esforço inovativo, inovação e produtividade. Hall (2011) destaca, porém, que a maioria dos trabalhos apresenta relação positiva na inovação de produto sobre a produtividade, enquanto a relação inovação de processo e produtividade é mais ambígua.

A grande maioria dos trabalhos concentra-se em pesquisas feitas em países desenvolvidos, principalmente na Europa. Nesses casos, a hipótese de que a inovação impacta de forma positiva a produtividade tende a ser confirmada nos testes empíricos. Griffith *et al.* (2006), por exemplo, avalia o modelo CDM em amostras de empresas da França, Alemanha, Espanha e Reino Unido. Os autores encontraram relações positivas entre inovação de produto e produtividade em três dos quatro países e apenas uma relação positiva entre inovação de processo e produtividade. Outras variáveis possuem resultados interessantes. O apoio do governo nacional impacta no engajamento à inovação nos quatro países e somente não impacta no gasto de P&D no Reino Unido. O tamanho, a forma de apropriação da inovação e a competitividade internacional das empresas impactam de forma positiva na maioria dos casos de esforço inovativo, inovação e produtividade.

Hall, Lotti e Mairesse (2008) avaliam pequenas e médias empresas da Itália. Nesse caso, tanto a inovação de produto quanto a de processo se mostraram positivas para a produtividade. A variável tamanho não se mostrou relacionada com o esforço inovativo (gasto em P&D) e mostrou uma relação negativa com a produtividade e positiva com a

¹⁸ O próprio modelo original de Crépon, Duguet e Mairesse (1998) faz uma análise de várias técnicas de estimação distintas, nos quais os autores selecionam o método de mínimos quadrados assintóticos (ALS). Na literatura, entretanto, é mais comum a utilização do uso de valores previstos das etapas anteriores como variáveis instrumentais nas etapas posteriores, que foi utilizado inicialmente por Griffith *et al.* (2006).

inovação. A variável de apoio do governo para financiamento e a competitividade externa mais uma vez se mostraram importantes, impactando de forma positiva os gastos em P&D.

Outros trabalhos como Janz *et al.* (2003), para empresas da Alemanha e da Suécia, Lööf e Heshmati (2006), para empresas da Suécia, Lööf *et al.* (2001), para empresas da Finlândia e Noruega, e Mairesse e Robin (2012), para empresas da França, também encontram resultados parecidos. Dessa forma, é possível perceber, ainda que estes estudos sejam bem recentes, que há evidências de uma relação positiva entre inovação e produtividade (principalmente de produto), enquanto que a variável tamanho se mostra bastante ambígua de estudo para estudo. Essa relação entre tamanho da empresa e inovação é discutida por Dosi (1988), no qual demonstra que vários trabalhos já apontavam que não parece haver uma relação explícita entre as variáveis. Em seu estudo bibliográfico, Hall (2011) explica que a relação entre tamanho e inovação pode ser equivocada pelo motivo das empresas maiores estarem envolvidas em uma quantidade maior de ramos de negócios, o que explicaria a sua quantidade maior de inovação, mas isso não significaria que são mais inovadoras do que as pequenas empresas.

Os estudos de inovação e produtividade com a metodologia CDM também avançaram nos países em desenvolvimento, apesar de menos do que nos países europeus. Trabalhos que avaliam empresas da América Latina parecem mostrar significativas diferenças com relação às empresas dos países desenvolvidos expostos. Benavente (2006), por exemplo, faz um estudo quase idêntico ao original de Crépon, Duguet e Mairesse (1998) com uma amostra de empresas do Chile, utilizando o mesmo modelo de estimação e as mesmas variáveis. Porém, os resultados foram diferentes. Ao contrário da maioria dos estudos anteriormente citados, Benavente (2006) não encontrou uma relação entre P&D e inovação, e entre inovação e produtividade, enquanto que, por outro lado, a variável tamanho mostrou-se correlacionada com as variáveis dependentes.

Já Crespi e Zuñiga (2010) testa o modelo CDM em amostras de empresas de seis países da América Latina (Argentina, Chile, Colômbia, Costa Rica, Panamá e Uruguai) com dados do Banco Mundial. Os resultados se mostraram heterogêneos entre os países. A variável apoio do governo se mostrou determinante para os gastos em P&D na metade dos países, as variáveis de esforço inovativo se mostraram determinantes para a inovação em todos os países e as variáveis de inovação impactaram positivamente a produtividade em

todos os países. Porém, variáveis como cooperação, capital estrangeiro e maior coeficiente de exportação não se mostraram significativas para o aumento das atividades inovativas. Os autores também verificaram que fontes de informações externas científicas e de mercado não exercem influência sobre o esforço inovativo, o que ilustra as fracas ligações que caracterizam o sistema nacional de inovação desses países.

Raffo *et al.* (2008) faz uma comparação entre os resultados encontrados em estimações do modelo CDM em países desenvolvidos europeus e em países em desenvolvimento da América Latina. Os autores utilizaram banco de dados da França, Espanha, Suíça, Argentina, Brasil e México. Os resultados encontrados confirmam as hipóteses em todos os países de que uma maior intensidade do esforço inovativo impacta positivamente na inovação e de que esta última impacta de forma positiva na produtividade. Porém, os autores concluem que as empresas dos países em desenvolvimento possuem dificuldades na construção das redes de aprendizado para a inovação, já que os resultados para as fontes de informação não se mostraram significativas. Em particular, uma das dificuldades encontradas deduzidas pelo trabalho é a de que parece haver um fraco elo entre a pesquisa acadêmica e a indústria, o que surge como um obstáculo para a inovação. Outro resultado interessante do estudo foi o de que o apoio público na Argentina e no México estimula o engajamento da firma em fazer P&D, porém, pouco influencia na intensidade da mesma, o que demonstra a limitação e o pouco alcance dessas políticas.

No Brasil, é possível verificar a aplicação do modelo CDM nos trabalhos de Silva (2009) e De Negri *et al.* (2008), no qual ambos utilizaram a base de dados da PINTEC 2000, apesar deste último utilizar a variável de crescimento do estoque de capital no lugar da produtividade. No primeiro caso, o autor observa uma relação positiva e significativa tanto no impacto da P&D sobre a inovação, quanto desta sobre a produtividade, mas revela que o impacto da inovação de produto é bem maior do que da inovação de processo. Por outro lado, algumas variáveis de capital de conhecimento como competitividade internacional e fontes de informação impactaram de forma negativa o gasto em P&D ou não se mostraram significativas. Os mesmos resultados foram encontrados por De Negri *et al.* (2008), com a diferença de que, no último estágio do modelo, as firmas que investiram em P&D também investiram mais em capital físico do que as firmas que não realizaram gasto em P&D.

Esses resultados acerca de países em desenvolvimento mostram que as relações entre esforço inovativo, inovação e produtividade ainda não são tão claras quanto aqueles apresentados pelos países europeus desenvolvidos, apesar de alguns resultados parciais serem parecidos. Isso pode significar as diferenças do desenvolvimento econômico entre os países desenvolvidos e os países em desenvolvimento, principalmente os da América Latina. Em geral, mesmo quando a relação entre esforço inovativo, inovação e produtividade seja positiva nesses países, outras variáveis como fontes de aprendizado, cooperação e programas públicos não parecem corresponder tão bem quanto nos países desenvolvidos. As relações do processo inovativo dos países em desenvolvimento demonstram maior ineficiência, o que pode ser explicado pelas estruturas mais defasadas de seus sistemas nacionais de inovação.

CAPÍTULO 2 – O MODELO CDM E A APRESENTAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Após a apresentação teórica da inovação, dos seus determinantes e das evidências empíricas sobre o impacto do processo inovativo sobre a produtividade, este capítulo possui o objetivo de desenvolver a metodologia da pesquisa. Para isso, o mesmo está dividido em duas seções. A primeira seção apresenta o modelo CDM utilizado e as suas três etapas de estimações (esforço inovativo, inovação e produtividade), enquanto que a segunda seção desenvolve a estratégia empírica da dissertação ao abordar o banco de dados e a escolha das variáveis, bem como a organização do estudo e as especificações dos modelos econométricos.

2.1. O Modelo

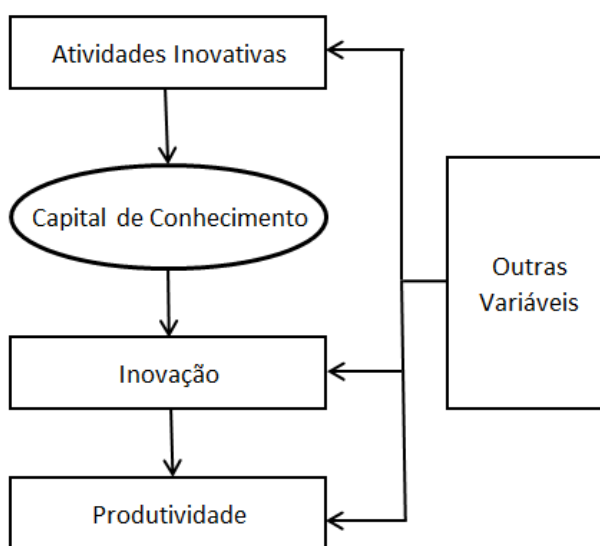
Como já previamente apresentado, a metodologia utilizada nesse estudo consiste no modelo estrutural CDM em três estágios embasado em Crépon, Duguet e Mairesse (1998) e nas considerações feitas por Griffith *et al.* (2006). O modelo é composto por quatro equações, sendo duas para a determinação do esforço inovativo, uma para a determinação da inovação e uma para a determinação da produtividade. Os estágios das equações podem ser representados a seguir:

- (1) Decisão da empresa de investir em atividades inovativas: P&D ou qualquer outra atividade focada para o desenvolvimento ou implementação de inovação.
- (2) Função de esforço inovativo: intensidade do gasto em atividades inovativas para àquelas empresas que reportaram investimento nessas atividades.
- (3) Função de inovação: representado pela inovação de produto, inovação de processo e por inovação de produto e/ou processo.
- (4) Função de produtividade: calculado pela produtividade do trabalho (razão entre o valor da transformação industrial e o número de pessoal ocupado).

A lógica do sistema pode ser verificada na Figura 1, que relaciona as variáveis dependentes (atividades inovativas, inovação, produtividade) no seu processo em três

estágios. Há também a presença de outras variáveis, que seriam explicativas para cada uma dessas três variáveis principais, podendo elas se repetir ou não em cada estágio¹⁹. Os diagramas quadrados denotam quantidades mensuráveis, enquanto o diagrama oval, representado pelo capital de conhecimento, é uma variável não observável. Esse capital de conhecimento seria o nível de conhecimento da firma criado a partir do investimento em inovação²⁰. Cada estágio das quatro equações, bem como os vetores que as determinam, será apresentado com maior detalhamento nos subitens a seguir.

Figura 1 - Diagrama do Modelo



Fonte: elaboração própria.

2.1.1. Equações de Esforço Inovativo (Atividades Inovativas)

O comportamento de esforço inovativo da firma pode ser estimado através de um modelo Tobit generalizado com duas equações²¹. A primeira equação leva em consideração

¹⁹ A especificação detalhada de cada variável explicativa será tratada na seção 2.2.

²⁰ Esse processo de transformação dos esforços inovativos em inovação está relacionado com o termo “função de produção de conhecimento”, de Griliches (1979), apresentado no subitem 1.3.2.

²¹ O modelo Tobit generalizado também é conhecido na literatura como Tobit tipo 2 ou modelo de seleção de Heckman (1979). Wooldridge (2005) e Cameron e Trivedi (2005) apresentam com detalhe esse tipo de estimação.

o fato da firma se engajar em investimento de atividade inovativas, enquanto a segunda equação mede a intensidade dessa atividade. Ao contrário da maioria das pesquisas que apenas contabilizam as atividades de P&D formal como esforço inovativo, o trabalho abrange uma gama maior de atividades inovativas tendo em vista a disponibilidade desses dados pela PINTEC 2008.

Dessa forma, o gasto em atividades inovativas não apenas abrange o gasto de P&D como também o gasto em aquisição externa de P&D, aquisição de outros conhecimentos externos voltados para a inovação, aquisição de *software* voltado para a inovação, aquisição de máquinas e equipamentos voltados para a inovação, treinamento orientado ao desenvolvimento de produtos/processo novos e gastos de comercialização diretamente ligados ao lançamento de um produto novo ou aperfeiçoado. A abrangência do investimento em P&D usual para o investimento em atividades inovativas possui a vantagem de absorver um número bem maior de tipos de esforços por parte da firma para a inovação, no qual é trabalhada a hipótese de que não apenas firmas que possuem departamentos de P&D formais se esforçam para inovar, mas também firmas que possuem uma pluralidade maior desses investimentos, além de considerar a interdependência dessas atividades.

Assim, na primeira equação temos:

$$EI_i^* = X_{1i}\beta_1 + e_i \quad (1)$$

Onde EI_i^* é a variável dependente latente de Esforço Inovativo (gasto em atividades inovativas), X_{1i} são os vetores de variáveis explicativas, β_1 é o vetor dos parâmetros e e_i é o termo de erro. EI_i^* poderia ser utilizado como *proxy* de esforço inovativo através do dispêndio de atividade inovativas por trabalhador. Nesse caso, apenas as firmas que reportam atividades inovativas poderiam ser estimadas diretamente pela equação (1). Porém, essa estimação direta não descarta o problema de viés de seleção²², no

²² Viés de seleção é uma fonte de endogeneidade, que ocorre quando uma decisão individual, como nesse exemplo, optar por realizar atividades inovativas ao invés de não realizar, reflete valores que afetam a variável dependente analisada. Nesse caso, como o objetivo é avaliar o impacto do esforço inovativo sobre a inovação, firmas que investem em atividades inovativas teoricamente tendem a valorizar mais a inovação do

qual traria uma amostra bem reduzida somente com firmas que fazem e reportam atividades inovativas. Para evitar este viés, a estimação é feita através da equação de seleção a seguir, que busca relacionar a decisão da firma fazer ou não fazer atividades inovativas²³:

$$DI_i = \begin{cases} 1 & \text{se } DI_i^* = X_{2i}\beta_{2i} + \varepsilon_i > c \\ 0 & \text{se } DI_i^* = X_{2i}\beta_{2i} + \varepsilon_i \leq c \end{cases} \quad (2)$$

Onde DI_i é uma variável binária endógena de Decisão de Inovação, que assume valor zero para as empresas que não investem em atividades inovativas e valor um para as empresas que investem nessas atividades. DI_i^* é uma variável latente correspondente, no qual a firma toma a decisão de investir em atividades inovativas se estiver acima de um certo limiar de nível c , e onde X_{2i} é um vetor de variáveis que explicam a decisão de investimento em atividades inovativas a um dado parâmetro β_{2i} e termo de erro ε_i . Condicionada a firma i a se engajar em atividades inovativas, pode-se observar a intensidade (quantidade) desses recursos investidos (EI):

$$EI_i = \begin{cases} EI_i^* = X_{1i}\beta_1 + e_i & \text{se } DI_i = 1 \\ 0 & \text{se } DI_i = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Assumindo que os termos de erro e_i e ε_i são bivariados normais com média zero, variâncias $\sigma_e^2 = 1$ e σ_ε^2 , e coeficiente de correlação ρ_{ee} , o sistema de equações (2) e (3) é um Tobit generalizado estimado por máxima verossimilhança. Wooldridge (2002) salienta que essa suposição de distribuição dos erros pode apresentar problemas de robustez e que a estimação por máxima verossimilhança é difícil de convergir, porém, a mesma se mostra

que firmas que não investem. Dessa forma, reduzir a amostra apenas a empresas que reportem atividades inovativas possui uma tendência clara de apresentar viés de seleção.

²³ A estimação da amostra total é reforçada por Griffith *et al.* (2006), que levantam a hipótese de que todas as empresas exercem algum grau de esforço inovativo, mas que nem sempre essas empresas irão relatar esse esforço. Um exemplo utilizado pelos autores é o de que os trabalhadores de produção podem gastar uma pequena parte de seu dia considerando a forma como o processo em que estão trabalhando pode ser realizado de forma mais eficiente. Esse tipo de esforço inovativo é um bem público para a empresa e que não será relatado como P&D ou qualquer outra atividade inovativa formal.

eficiente se e_i e ε_i realmente possuem distribuição normal bivariada. A estimação por máxima verossimilhança é a mais utilizada nos estudos empíricos que utilizam o modelo CDM. Essas suposições sobre a distribuição e a relação entre os termos de erro na equação de seleção (DI_i) e de resultado (EL_i) pode ser representado como:

$$\begin{aligned}\varepsilon_i &\sim N(0, 1) \\ e_i &\sim N(0, \sigma^2) \\ \text{corr}(\varepsilon_i, e_i) &= \rho\end{aligned}$$

A estimação do modelo pode ser visto em Cameron e Trivedi (2009) e Baum (2006), no qual a função log-verossimilhança da observação i , sendo $\ln L_i = l_i$, é:

$$l_i = \begin{cases} w_i \ln \Phi \left\{ \frac{X_{2i}\beta_2 + (EL_i - X_{1i}\beta_1)\rho/\sigma}{\sqrt{1-\rho^2}} \right\} - \frac{w_i}{2} \left(\frac{EL_i - X_{1i}\beta_1}{\sigma} \right)^2 - w_i \ln(\sqrt{2\pi}\sigma) & \text{se } EL_i > 0 \\ w_i \ln \Phi(-X_{2i}\beta_2) & \text{se } EL_i \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

Onde $\Phi(\cdot)$ é o padrão normal cumulativo e w_i é um peso opcional para a observação i . Essa estimação é feita pelo *software* Stata (2011), no qual fornece os efeitos marginais dos coeficientes das variáveis.

Tecnicamente, o modelo Tobit generalizado descrito acima é identificado quando as variáveis explicativas de seleção (X_{2i}) e de resultado (X_{1i}) são as mesmas. Porém, a identificação ocorre apenas nas suposições de distribuição sobre os resíduos por si só, e não devido a variações nas variáveis explicativas. Se houver pouca variação nas variáveis explicativas da equação de seleção, pode haver dificuldade para alcançar estimativas precisas na equação de resultado devido à alta multicolinearidade e altos erros-padrão (SARTORI, 2003). Sartori (2003) sinaliza que a forma de evitar isso seria não colocar as mesmas variáveis explicativas nas duas equações ou utilizar pelo menos uma variável que afetaria, nesse caso, a decisão de inovar, mas que não afetaria a intensidade do esforço inovativo.

Essa observação da diferenciação das variáveis explicativas das equações de resultado e de seleção é levada em conta pelo modelo proposto por este trabalho. Os

detalhes de todas as variáveis, do banco de dados utilizado e das equações finais podem ser vistas na seção 2.2.

2.1.2. Equações de Inovação

A segunda etapa do modelo é representada pela função de produção de inovação, que utiliza o *output* da etapa anterior como *input* dessa nova etapa. Assim, temos a seguinte equação:

$$I_i = EI'_i \gamma_i + X_{3i} \beta_3 + u_i \quad (5)$$

Onde I_i é a variável de inovação, mensurada como inovação de produto, inovação de processo ou inovação de produto e/ou processo. Essa variável é binária, e possui valor 1 se a empresa implantou alguma inovação e valor 0 se a empresa não implantou. Cada um desses tipos de inovação (produto, processo, produto e/ou processo) será a variável dependente de um modelo, totalizando três equações de inovação. EI'_i é a variável de Esforço Inovativo (atividade inovativa) previsto na etapa anterior, X_{3i} são as variáveis explicativas que também determinam a inovação, u_i é o termo de erro, enquanto γ_i e β_3 são os parâmetros. A estimação é feita através de um modelo Probit, sob máxima verossimilhança, como é verificado no trabalho de Griffith *et al.* (2006).

O valor de EI'_i é encontrado através das equações (2) e (3) do modelo Tobit generalizado pelo valor previsto de EI_i , que aparece instrumentalizado na equação (5) e toma cuidado com a possível endogeneidade para a função de produção de inovação. Parece provável que as características não observadas das firmas podem aumentar tanto o seu Esforço Inovativo (EI_i) quanto a sua inovatividade (I_i). Logo, o parâmetro γ_i seria tendencioso, pois EI_i e u_i seriam correlacionados. Porém, a seleção e as equações de Esforço Inovativo corrigem isso ao trazer o seu valor estimado (e não o seu valor presente) para a equação de Inovação, pois X_{1i} e X_{3i} são independentes de u_i (GRIFFITH *et al.*, 2006).

A estimação das equações de inovação por Probit sob máxima verossimilhança é indicado para casos em que a variável dependente é binária, como é caso para as três

variáveis destacadas: implantação de inovação de produto, processo e produto e/ou processo. Dessa forma, o modelo é caracterizado pela probabilidade de resposta, enquanto que sua estimação pode ser vista em Cameron e Trivedi (2009) e Baum (2006), no qual a função log-verossimilhança da observação i é:

$$\ln L = \sum_{i \in S} w_i \ln \Phi(X_{3i}\beta_3) + \sum_{i \notin S} w_i \ln \{1 - \Phi(X_{3i}\beta_3)\} \quad (6)$$

Onde $\Phi(.)$ é o padrão normal cumulativo e w_i é um peso opcional para a observação i . Mais uma vez, os detalhes de todas as variáveis, do banco de dados utilizado e das equações finais podem ser vistas na subseção 2.2.

2.1.3. Equações de Produtividade

Por fim, a função de produção para o cálculo da produtividade pode ser estabelecida como do tipo Cobb-Douglas com retornos constantes de escala e com as variáveis *inputs* de trabalho, capital, matérias-primas e inovação, utilizando a produtividade do trabalho como variável dependente:

$$PT_i = I'_i \delta_i + \beta_4 X_{4i} + v_i \quad (7)$$

Onde PT_i é a produtividade do trabalho calculado pelo valor da transformação industrial sobre o número de trabalhadores, I'_i é a variável de inovação prevista da equação (5), X_{4i} são outras variáveis explicativas, v_i é o termo de erro, enquanto δ_i e β_4 são os parâmetros. Esse modelo é estimado por mínimos quadrados ordinários, tomando conta mais uma vez com o problema da endogeneidade. Assim como na segunda etapa, essa terceira etapa também utiliza um valor previsto, que nesse caso é a inovação (I'_i) gerada pela equação (5), que serve como instrumento para a equação (7). Como há três *inputs* da variável inovação (produto, processo, produto e/ou processo), serão estimadas três equações de produtividade com cada tipo de inovação em um modelo.

Novamente, os detalhes de todas as variáveis, do banco de dados utilizado e das equações finais podem ser vistas na subseção 2.2.

2.2. Estratégia Empírica do Estudo

Esta seção destaca a estratégia empírica utilizada para a geração dos resultados e está subdividida em dois subitens. O primeiro relaciona as bases de dados e a construção das variáveis utilizadas, enquanto o segundo sintetiza a organização do estudo e das equações utilizadas para as estimações econométricas.

2.2.1. Base de Dados e Construção de Variáveis

Para a implementação apresentada dos modelos vistos na subseção anterior foram utilizados os dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC 2008), referente aos anos de 2006 a 2008 e os dados da Pesquisa Industrial Anual (PIA 2008), referente ao ano de 2008, ambas realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Também foram utilizados os dados da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX), do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), referente ao ano de 2008²⁴.

As variáveis extraídas dessas fontes podem ser vistas de forma sistemática na Tabela 1, nas quais estão organizadas em cinco grupos: atividades inovativas e inovação; fatores de produção e variáveis de resultado; ambiente organizacional e concorrencial da firma; inserção internacional; e fontes de informação, cooperação, capacitação e apoio do governo.

Primeiro, há os dados referentes a atividades inovativas e a inovação, que são as variáveis dependentes, respectivamente, do primeiro e do segundo estágio do modelo CDM apresentado. O gasto com P&D é representado tanto pelo investimento interno quanto pela

²⁴ O acesso aos dados ocorreu mediante aprovação de projeto encaminhado ao IBGE, sob o número de processo 03605.001503-2013-12. A manipulação dos dados e as estimações foram feitas diretamente da sala de sigilo do IBGE, no qual somente os resultados das estatísticas descritivas e das estimações finais foram entregues para o autor e reportadas pelo mesmo nesta dissertação.

aquisição externa dessa atividade, enquanto que para o cálculo do gasto com atividades inovativas acrescentam-se também as aquisições de outros conhecimentos externos voltados para a inovação, aquisição de *software* voltado para a inovação, aquisição de máquinas e equipamentos voltados para a inovação, treinamento orientado ao desenvolvimento de produtos/processo novos e gastos de comercialização diretamente ligados ao lançamento de um produto novo ou aperfeiçoado. Já a inovação propriamente dita é representada por variáveis binárias de inovação geral (produto e/ou processo), inovação de produto e inovação de processo.

O segundo grupo de variáveis refere-se aos dados da empresa sobre os fatores de produção: número de pessoal ocupado, que também serve como *proxy* para medir o tamanho da firma; intensidade de capital (valor do capital por trabalhador); e o consumo de matérias-primas por trabalhador. Nesse grupo também estão as variáveis de resultado: valor da receita líquida de vendas; valor da transformação industrial; e a construção da produtividade do trabalho, calculada pela razão entre o valor da transformação industrial e do número de pessoal ocupado. Esta última é utilizada como variável dependente da terceira etapa do modelo CDM.

O terceiro grupo de variáveis refere-se ao ambiente organizacional e concorrencial da firma, caracterizado por variáveis como: grupo empresarial, participação em incubadora ou parque tecnológico, participação da firma no mercado (*market-share*), *dummies* de atividades econômicas, nível de intensidade tecnológica, localização regional e condição de apropriabilidade. A condição de apropriabilidade da inovação por parte da firma é representada pela variável “proteção”, que abrange tanto a proteção formal (patentes, marcas) quanto informal (segredo industrial, complexidade do desenho do produto). Já o quarto grupo de variáveis relaciona características que demonstram a inserção internacional da firma como: capital estrangeiro, competitividade internacional e exportação.

O quinto grupo de variáveis é caracterizado por características mais voltadas para o processo inovativo em si e de capacitação. Dentre elas estão os tipos de fontes de informação voltados para a inovação, que são representadas por variáveis binárias de caráter qualitativo, com valores unitários para aquelas empresas que responderam se essas fontes possuem importância alta ou média. As fontes de informação estão organizadas em três grupos: fontes relacionadas à cadeia produtiva, que envolvem fornecedores, clientes,

empresas do mesmo grupo ou informações internas; fontes com concorrentes e fontes com centros educacionais e de pesquisa.

Por fim, esse último grupo também relaciona variáveis de arranjo cooperativo, referente se a firma cooperou com outras empresas para o desenvolvimento de alguma inovação, de qualidade da mão-de-obra, referente se a empresa possui trabalhadores de nível superior nas atividades de P&D e de apoio do governo. A variável de apoio do governo possui o valor unitário para aquelas empresas que participaram de algum programa governamental para as suas atividades inovativas. Esses programas podem ser de incentivos fiscais²⁵, de financiamentos para projetos de P&D (em parcerias com universidades ou não) ou para aquisição de máquinas e equipamentos para inovar, e de subvenção econômica a atividades de P&D e à inserção de pesquisadores²⁶.

Tabela 1 – Síntese das Variáveis Utilizadas

Códigos	Variáveis	Descrição	Fontes
Atividades Inovativas e Inovação			
AI	Atividades Inovativas	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma tenha realizado investimentos de atividades inovativas no ano de 2008.	PINTEC
GAI	Gasto com Atividades Inovativas	Valor do investimento total em atividades inovativas no ano de 2008 (em Reais).	PINTEC
IntGAI	Intensidade Gasto com Atividades Inovativas	Razão do valor do investimento total em atividades inovativas e da receita líquida de vendas no ano de 2008 (em Reais).	PINTEC/ PIA
P&D	P&D	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma tenha realizado investimentos de P&D no ano de 2008.	PINTEC
GPD	Gasto com P&D	Valor do investimento total em P&D no ano de 2008 (em Reais).	PINTEC
IntGPD	Intensidade Gasto com P&D	Razão do valor do investimento total em P&D e da receita líquida de vendas no ano de 2008 (em Reais).	PINTEC/ PIA
Inov	Inovação	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma tenha realizado inovação de produto e/ou processo, entre 2006 e 2008.	PINTEC
Inoprod	Inovação de Produto	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma tenha realizado inovação de produto, entre 2006 e 2008.	PINTEC

²⁵ Lei nº 8.661, Capítulo III da Lei nº 11.196 (Lei do Bem), e Leis nº 10.664 e nº 11.077 (Lei da Informática).

²⁶ Lei nº 10.973 e Art. 21 da Lei nº 11.196.

(Continuação Tabela 1)

Inoproc	Inovação de Processo	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma tenha realizado inovação de processo, entre 2006 e 2008.	PINTEC
Fatores de Produção e Variáveis de Resultado			
PO	Pessoal Ocupado	Número de Trabalhadores em 2008. Capta o tamanho da empresa.	PIA
K	Valor do Capital por trabalhador	Valor do capital físico por trabalhador no ano de 2008 (em Reais).	PIA
MP	Consumo de Matérias-primas por trabalhador	Valor do consumo de matérias-primas por trabalhador no ano de 2008 (em Reais).	PIA
RLV	Receita Líquida de Vendas	Valor da Receita Líquida de Vendas no ano de 2008 (em Reais).	PIA
VTI	Valor da Transformação Industrial	Valor da Transformação Industrial no ano de 2008 (em Reais).	PIA
PT	Produtividade do Trabalho	Razão entre o valor da transformação industrial (VTI) e o número de pessoal ocupado (PO) (em Reais).	PIA
Ambiente Organizacional e Concorrencial			
Grupo	Grupo	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma faça parte de um grupo.	PINTEC
Incub	Incubadora	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma esteja vinculada a alguma incubadora ou parque tecnológico, entre 2006 e 2008.	PINTEC
Mkt	<i>Market-share</i>	Participação da receita líquida de vendas (RLV) da firma sobre a receita líquida de vendas total do setor de atividade econômica à qual ela pertence, definido a partir de dois dígitos da Classificação Nacional de Atividade Econômica 2.0 (CNAE 2.0)*.	PINTEC
CNAE	Atividade Econômica	Conjunto de 24 Variáveis Binárias de atividades econômicas, que recebem valores unitários caso a firma faça parte de uma dessas 24 atividades, definido a partir de dois dígitos da Classificação Nacional de Atividade Econômica 2.0*.	PINTEC
Intec	Intensidade Tecnológica	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma faça parte de uma atividade econômica com intensidade tecnológica alta ou média-alta, definido a partir de dois dígitos da classificação elaborada pela OCDE (HIGH-TECHNOLOGY, 2009)*.	PINTEC
Região	Região Geográfica	Conjunto de 5 Variáveis Binárias de regiões geográficas, que recebem valores unitários caso a firma esteja localizada em uma dessas cinco regiões do Brasil (Norte, Nordeste, Sul, Sudeste e Centro-Oeste).	PINTEC
Prot	Proteção	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma utilize algum método de proteção para as inovações desenvolvidas (entre 2006 e 2008).	PINTEC

(Continuação Tabela 1)

Inserção Internacional			
Capest	Capital Estrangeiro	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a origem do capital controlador da firma é estrangeiro ou misto.	PINTEC
Compet	Competitividade Internacional	Variável Binária, que recebe valor unitário caso o principal mercado da firma seja estrangeiro.	PINTEC
Exp	Exportação	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma tenha realizado exportações no ano de 2008.	SECEX
Fontes de Informação, Cooperação, Capacitação e Apoio do Governo			
Infconc	Fonte de Informação com Concorrente	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma aponte concorrentes como sendo de alta ou média importância para o processo de inovação (entre 2006 e 2008).	PINTEC
Infcad	Fonte de Informação com a Cadeia Produtiva	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma aponte fontes de informação relacionadas à cadeia produtiva (interna, com grupo, com fornecedores, com clientes e/ou com consultores) como sendo de alta ou média importância para o processo de inovação (entre 2006 e 2008).	PINTEC
Infpesq	Fonte de Informação com Centros Educacionais e de Pesquisa	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma aponte centros educacionais e de pesquisa como sendo de alta ou média importância para o processo de inovação (entre 2006 e 2008).	PINTEC
Arr	Arranjo Cooperativo	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma esteve envolvida em arranjos cooperativos com outra(s) organização(ões) com vistas a desenvolver atividades inovativas (entre 2006 e 2008).	PINTEC
Quali	Qualidade da mão-de-obra	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma possua mão-de-obra com nível de qualificação superior nas atividades internas de P&D.	PINTEC
Gov	Apoio do Governo	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma utilize algum programa de apoio do governo para as atividades inovativas (entre 2006 e 2008).	PINTEC

*Os detalhes das atividades econômicas e de suas relações com os níveis de intensidade tecnológica estão relacionadas na Tabela 2.

Fonte: Elaboração própria.

Além das variáveis relacionadas na Tabela 1, é importante também destacar o recorte dado pelo nível de intensidade tecnológica e de atividade econômica que a empresa pertence. A taxonomia utilizada para definir o grau de intensidade tecnológica é a mesma utilizada pela publicação da PINTEC 2008, que utiliza a classificação da Organização para

a Cooperação e Desenvolvimento Econômica (OCDE) e adaptada pela Eurostat (HIGH-TECNOLOGY, 2009) para classificação compatível com a CNAE 2.0.

Com base nessa definição, a intensidade tecnológica é definida em quatro níveis: baixa, baixa-média, média-alta e alta. Optou-se por uma classificação em dois níveis, incluindo as intensidades tecnológicas de baixa e baixa-média em “baixa e baixa-média”, e as intensidades tecnológicas de média-alta e alta em “média-alta e alta”. A definição em dois níveis está representada pela variável “*Intec*” especificada na Tabela 1 para ser utilizada nas estimações dos modelos econométricos como uma variável binária, além de ser útil para delimitar dois conjuntos de amostras de acordo com os seus padrões tecnológicos. Já a relação entre a classificação de intensidade tecnológica em quatro níveis, dois níveis e em atividades econômicas (CNAE 2.0) é representada pela Tabela 2, nos quais são selecionados apenas setores da indústria manufatureira.

Tabela 2 – Classificação das atividades econômicas e níveis de intensidade tecnológica

Intensidade Tecnológica: 2 níveis	Intensidade Tecnológica: 4 níveis	Atividade Econômica CNAE 2.0
Baixa e Baixa-média	Baixa	Fabricação de produtos alimentícios
		Fabricação de bebidas
		Fabricação de produtos do fumo
		Fabricação de produtos têxteis
		Confecção de artigos de vestuário e acessórios
		Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados
		Fabricação de produtos de madeira
		Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
		Fabricação de móveis
		Fabricação de produtos diversos
		Impressão e reprodução de gravações
	Baixa-média	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis
		Fabricação de artigos de borracha e plástico
		Fabricação de produtos de minerais não metálicos
		Metalurgia
		Fabricação de produtos de metal
		Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos

(Continuação Tabela 2)

Média-alta e Alta	Média-alta	Fabricação de produtos químicos
		Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos
		Fabricação de máquinas e equipamentos
		Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias
		Fabricação de outros equipamentos de transporte
	Alta	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
		Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos

Fonte: Elaboração própria.

Pela Tabela 2 é possível perceber que das 24 atividades econômicas (em dois níveis pela CNAE 2.0) da indústria de transformação levantadas pela PINTEC, onze são consideradas de baixa intensidade tecnológica, seis são considerada de baixa-média intensidade, cinco são consideradas de média-alta intensidade e apenas duas são consideradas de alta intensidade tecnológica. Assim, 17 atividades econômicas são de baixa e baixa-média intensidade, enquanto 7 são de média-alta e alta intensidade tecnológica.

2.2.2. Especificação dos Modelos

O trabalho empírico, com a utilização das bases de dados e das especificações feitas no subitem anterior, está dividido em duas partes. A primeira parte tem como objetivo caracterizar o perfil das empresas brasileiras da amostra de acordo com as variáveis que podem estar relacionadas com a inovação. Para isso, é feito uma análise de estatística descritiva das variáveis destacadas nas Tabelas 1 e 2. Já a segunda parte tem como objetivo compreender o processo inovativo e seu impacto no desempenho produtivo por meio de estimações econométricas. Essas estimações seguem o modelo CDM em três estágios destacados na subseção 2.1.

Em ambas as partes a análise é feita com relação ao conjunto de amostras referentes aos padrões tecnológicos, ou seja, na classificação de intensidade tecnológica destacada na Tabela 2. Essa divisão é útil para destacar as diferenças setoriais, tanto no perfil da empresa, quanto na verificação do impacto das variáveis do processo de inovação sobre a produtividade em diferentes níveis de intensidade tecnológica. Dessa forma, a análise de estatística descritiva e as estimações econométricas contemplam não só a

amostra total, como também a amostra de empresas de intensidade tecnológica “baixa e baixa-média” e “média-alta e alta”.

Apesar do esforço de considerar as diferenças setoriais através de dois níveis de intensidade tecnológica, deve-se evidenciar que a agregação ainda é bastante ampla ao analisar as especificidades de cada atividade econômica. Dessa maneira, algum ramo industrial pode não responder bem aos critérios estabelecidos. Porém, a estratificação em dois níveis já mostra um avanço ao buscar entender os padrões tecnológicos frente à maioria dos outros trabalhos empíricos analisados, que não se preocuparam em fazer essas considerações.

No que se refere às estimações econométricas, as equações destacadas na seção 2.1 sobre o modelo CDM, juntamente com as variáveis da Tabela 1, podem ser definidas detalhadamente nos três estágios como:

A) Equações de Esforço Inovativo (Tobit generalizado):

A1) Equação de resultado:

$$\begin{aligned} (\ln)GAI_i = & \beta_{0i} + \beta_{1i}Compet_i + \beta_{2i}Capest_i + \beta_{3i}Gov_i + \beta_{4i}Quali_i + \beta_{5i}Arr_i + \\ & \beta_{6i}Intec_i + \beta_{7i}Inf cad_i + \beta_{8i}Inf conc_i + \beta_{9i}Inf pesq_i + \beta_{10i}CNAE_i + \beta_{11i}Região_i + e_i \end{aligned} \quad (8)$$

A2) Equação de seleção:

$$X_i = \delta_{0i} + \delta_{1i}(\ln)PO_i + \delta_{2i}(\ln)Mkt_i + \delta_{3i}Prot_i + \delta_{4i}Grupo_i + \delta_{5i}Incub_i + \delta_{6i}CNAE_i + \delta_{7i}Região_i + \varepsilon_i \quad (9)$$

Onde os β_i 's e o e_i são, respectivamente, os parâmetros e o termo de erro da equação 8 de resultado, enquanto os δ_i 's e o ε_i são, respectivamente, os parâmetros e o termo de erro da equação 9 de seleção. As variáveis estão representadas pelos seus códigos descritos na Tabela 1. A variável X_i na equação 9 de seleção é uma variável latente de

“decisão de inovar” dependente da equação de resultado. Variáveis contínuas estão em logaritmo, caracterizado com o *ln* antes do código nas equações.

Como abordado no subitem 2.1.1, há a necessidade de diferenciação entre as variáveis explicativas das equações de seleção e de resultado para uma melhor robustez do modelo. Assim, optou-se por levantar a hipótese de que as variáveis relacionadas ao ambiente organizacional e concorrencial (tamanho da firma, pertencente a grupo, *market-share*, condição de apropriabilidade, incubadora) estariam relacionadas com a decisão de a firma investir ou não em atividades inovativas, enquanto que as variáveis mais diretamente relacionadas à inovação, capacitação e inserção internacional (arranjo cooperativo, apoio do governo referente a financiamento para inovação, fontes de informação, qualificação da mão-de-obra, competitividade internacional, capital estrangeiro) estariam relacionadas à intensidade do investimento em atividades inovativas. Logo, as primeiras variáveis entrariam na equação de seleção, enquanto que as segundas entrariam na equação de resultado. Por outro lado, variáveis gerais de controle como *dummies* regionais e do setor de atividade da empresa entrariam em ambas as equações.

A diferenciação dessas variáveis na literatura empírica que utiliza o modelo CDM não é bem explícita em pressupostos teóricos, sendo mais importante essa seleção para a robustez econométrica. Parece tênue a diferença entre variáveis que explicariam a decisão de investir e a intensidade do investimento, porém, pelo questionário da PINTEC, as variáveis diretamente relacionadas à inovação somente são observadas para aquelas empresas que inovam, o que obriga o direcionamento dessas para a equação de resultado. Também há um consenso na literatura do modelo CDM de que a variável referente ao tamanho da firma (representado pelo número de pessoal ocupado) pertença apenas à equação de seleção, já que em muitos trabalhos a mesma aparece como única variável referente à característica de ambiente organizacional da firma.

De qualquer forma, há sentido na separação entre variáveis de ambiente organizacional/competitivo e de inovação/capacitação. As variáveis de tamanho, *market-share* e grupo envolvem as hipóteses schumpeterianas de que as maiores firmas e os mercados mais concentrados decidem investir mais em inovação, já que possuem vantagens

para isso²⁷. A questão da apropriabilidade também entra nesse contexto, já que mercados que garantam condições de apropriação da inovação e mecanismos de proteção informais incentivam mais a firma para a realização de investimento em atividades inovativas. A condição de apropriabilidade é uma das características dos regimes tecnológicos que definirão o padrão tecnológico, inovativo e setorial da firma²⁸.

Com relação às variáveis que impactam a intensidade do investimento em atividades inovativas, entram as questões levantadas tanto pelos economistas neoschumpeterianos e evolucionários sobre as questões de aprendizagem e conhecimento, quanto das questões mais gerais também levantadas pelos neoclássicos como o capital humano. As variáveis de fontes de informação (com concorrentes, institutos de pesquisa e com a cadeia produtiva) e de arranjo cooperativo abordam a troca de conhecimentos entre os agentes econômicos, o que deve favorecer a um maior gasto em atividades inovativas por parte das firmas envolvidas. A variável de qualidade-de-mão de obra, representada pela presença de funcionários com nível de instrução superior ou acima, colabora com a visão da importância do capital humano para um maior investimento em inovação.

Outra variável importante é o apoio do governo para financiamento, que está relacionada com o sistema nacional de inovação e com a estrutura de financiamento do país, no qual firmas que conseguem esse tipo de apoio devem investir mais em atividades inovativas. Há também a variável de competitividade internacional, no qual empresas que possuem o seu principal mercado em outros países possuem uma maior demanda com consumidores externos e devem exercer maiores investimentos em atividades inovativas devido à concorrência internacional. Por fim, empresas que possuem capital estrangeiro devem investir mais em atividades inovativas pela sua proximidade com o mercado e com a tecnologia estrangeira.

B) Equação de Inovação (Probit):

²⁷ Apresentado no subitem 1.2.1 sobre os determinantes externos da inovação no que se refere à estrutura de mercado.

²⁸ Abordado por Malerba e Orsenigo (1996) no que se refere aos determinantes externos da inovação sobre as características setoriais. Ver subitem 1.2.1.

$$I_i = \theta_{0i} + \theta_{1i}(\ln)GAI'_i + \theta_{2i}(\ln)PO_i + \theta_{3i}Arr_i + \theta_{4i}Intec_i + \theta_{5i}Inf cad_i + \theta_{6i}Inf conc_i + \theta_{7i}Inf pesq_i + \theta_{8i}CNAE_i + \theta_{9i}Região_i + u_i \quad (10)$$

Onde I_i pode ser inovação de produto e/ou processo ($Inov_i$), inovação de produto ($Inoprod_i$) ou inovação de processo ($Inoproc_i$), gerando três equações distintas. θ_i são os parâmetros e u_i é o termo de erro. Novamente as variáveis são representadas na Tabela 1, no qual os valores contínuos estão em logaritmo na equação. A variável GAI'_i é o valor previsto da etapa anterior.

Das variáveis explicativas que entraram na primeira etapa, permanecem nessa segunda etapa as características relacionadas ao conhecimento e aprendizado como as fontes de informações e do arranjo cooperativo para inovar. A hipótese é de que essas variáveis não só impactam a intensidade do investimento em atividades inovativas como também estão relacionadas com todo o desenvolvimento do processo inovativo até chegar à inovação propriamente dita. Também foi inserida a variável de tamanho da firma seguindo os pressupostos schumpeterianos já destacados, além das *dummies* de controle regionais e de atividade econômica.

C) Equação de Produtividade (MQO):

$$(\ln)PT_i = \varphi_{0i} + \varphi_{1i}I'_i + \varphi_{2i}(\ln)PO_i + \varphi_{3i}(\ln)K_i + \varphi_{4i}(\ln)MP_i + \varphi_{5i}Capest_i + \varphi_{6i}Grupo_i + \varphi_{7i}Exp_i + \varphi_{8i}Intec_i + \varphi_{9i}CNAE_i + \varphi_{10i}Região_i + v_i \quad (11)$$

Onde I'_i é o valor previsto da etapa anterior e pode ser inovação de produto e/ou processo ($Inov_i$), inovação de produto ($Inoprod_i$) ou inovação de processo ($Inoproc_i$), gerando três modelos distintos. φ_i são os parâmetros e v_i é o termo de erro. Mais uma vez, as variáveis são representadas na Tabela 1, no qual os valores contínuos estão em logaritmo na equação.

Dentre as variáveis explicativas estão os insumos usuais da função de produção: valor do capital por trabalhador, o número de trabalhadores e o consumo de matérias-primas por trabalhador, todos em logaritmo. Outras características do ambiente organizacional e da inserção internacional também são representadas: grupo, capital

estrangeiro e exportação. Há também a variável de intensidade tecnológica para medir se os setores mais intensivos em tecnologias são mais produtivos do que os menos intensivos. Por fim, há as *dummies* de controle regionais e de atividade econômica.

CAPÍTULO 3 – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a análise teórica, metodológica e a seleção do banco de dados, os resultados da pesquisa estão divididos em duas seções. Na primeira seção é feita a análise das estatísticas descritivas de acordo com as variáveis selecionadas da Tabela 1. As estatísticas descritivas são úteis para sistematizar o processo inovativo brasileiro em nível da firma, apresentando o padrão da indústria manufatureira no que se refere à inovação. Já a segunda seção apresenta as estimações do modelo CDM proposto, visando responder de forma analítica os objetivos da pesquisa.

3.1. Estatísticas Descritivas

As estatísticas descritivas abrangem as variáveis selecionadas da Tabela 1, que estão divididas entre variáveis contínuas e binárias. As variáveis contínuas são referentes ao ano de 2008, enquanto as variáveis binárias estão compreendidas entre os anos de 2006 e 2008. Optou-se também por selecionar duas amostras de empresas: a amostra total e a amostra de empresas inovadoras, ou seja, empresas que implementaram alguma inovação, seja ela de produto ou processo, no período entre 2006 e 2008 (PINTEC, 2010). Em cada uma dessas duas amostras, a análise também é feita com relação ao grau de intensidade tecnológica em dois níveis, destacado na Tabela 2.

Ainda com relação à amostra, a PINTEC 2008 destaca que as empresas atendem aos seguintes requisitos: estão em situação ativa no Cadastro Central de Empresas (CEMPRE), do IBGE; estão sediadas em qualquer parte do Território Nacional; e possuem dez ou mais pessoas ocupadas em 31 de dezembro do ano de referência do cadastro básico de seleção de pesquisa (PINTEC, 2010).

Nesse contexto, seguem na Tabela 3 as estatísticas descritivas das variáveis binárias. Na tabela, a amostra total compreende as três primeiras colunas de valores, enquanto que a amostra de empresas inovadoras compreende as três últimas colunas. O número de observações analisadas para a amostra total é de 13672 firmas manufatureiras, das quais 10007 pertencem a setores com intensidade tecnológica baixa e baixa-média e 3665 pertencem a setores com intensidade tecnológica média-alta e alta. Já o número de

observações da amostra de empresas inovadoras é de 6365 firmas, das quais 4162 pertencem a setores com intensidade tecnológica baixa e baixa-média e 2196 pertencem a setores com intensidade tecnológica média-alta e alta.

Tabela 3 – Estatística Descritiva: Variáveis Binárias

Variáveis Binárias	Amostra Total			Amostra Empresas Inovadoras		
	Total	Intensidade Tecnológica		Total	Intensidade Tecnológica	
		Baixa e Baixa-média	Média-alta e Alta		Baixa e Baixa-média	Média-alta e Alta
Atividades Inovativas	44,07%	38,88%	58,18%	89,54%	87,98%	92,50%
P&D	12,52%	8,06%	24,67%	25,78%	18,38%	39,80%
Inovação	46,78%	41,86%	60,19%	100,00%	100,00%	100,00%
Inovação de Produto	30,73%	25,10%	46,04%	65,68%	59,96%	76,49%
Inovação de Processo	39,35%	36,30%	47,63%	84,10%	86,73%	79,14%
Capital Estrangeiro	10,41%	5,98%	22,47%	13,92%	8,85%	23,51%
Grupo	19,96%	16,50%	29,38%	24,94%	21,42%	31,61%
Competitividade Internacional	5,17%	5,51%	4,27%	5,52%	5,83%	4,94%
Exportação	36,33%	31,58%	49,26%	44,18%	38,18%	55,54%
Fonte de Informação com a Cadeia Produtiva	48,16%	42,97%	62,28%	97,03%	96,25%	98,49%
Fonte de Informação com Concorrente	24,05%	21,37%	31,33%	48,91%	48,26%	50,14%
Fonte de Informação Centros Educacionais e de Pesquisa	23,24%	19,42%	33,65%	47,03%	43,69%	53,34%
Proteção	26,91%	22,46%	39,04%	55,09%	51,06%	62,72%
Apoio do Governo	13,58%	10,88%	20,93%	27,95%	24,90%	33,71%
Arranjo Cooperativo	8,82%	6,81%	14,29%	17,98%	15,45%	22,78%
Incubadora	1,58%	1,27%	2,42%	2,17%	1,74%	2,97%
Qualidade da mão-de-obra	11,49%	7,16%	23,27%	23,66%	16,30%	37,60%
Região Norte	3,78%	3,69%	4,02%	3,40%	3,14%	3,89%
Região Nordeste	9,04%	10,41%	5,31%	8,49%	10,30%	5,08%
Região Sul	26,44%	27,94%	22,36%	28,11%	29,74%	25,02%
Região Sudeste	57,03%	53,60%	66,35%	56,68%	52,78%	64,04%
Região Centro-Oeste	3,71%	4,35%	1,95%	3,32%	4,04%	1,97%
Pessoal Ocupado (10 a 99)	49,09%	50,47%	45,35%	41,66%	42,92%	39,30%
Pessoal Ocupado (100 a 499)	38,87%	38,01%	41,19%	39,78%	38,78%	41,67%
Pessoal Ocupado (500 ou mais)	12,04%	11,52%	13,46%	18,55%	18,30%	19,03%
Observações	13672	10007	3665	6358	4162	2196

Fonte: Elaboração própria a partir das bases citadas na Tabela 1.

Pela Tabela 3 é possível perceber, analisando a amostra total, que menos da metade das empresas se engajaram em inovação e em atividades inovativas. Do total de

empresas, 44,07% investiram em algum tipo de atividade inovativa, enquanto apenas 12,52% investiram diretamente em P&D. Esses valores sobem, respectivamente, para 58,18% e 24,67% para empresas com grau de intensidade tecnológica média-alta e alta, mas mesmo assim evidencia que as firmas brasileiras investem pouco em inovação e tecnologia, principalmente da forma mais formal com pesquisa e desenvolvimento, o que demonstra a importância de outras atividades inovativas mais “indiretas”.

Já na amostra de empresas inovadoras, é possível observar, pela Tabela 3, que a proporção de firmas que investiram em atividades inovativas é bem maior do que observado na amostra total. Dentre as empresas inovadoras, 89,54% investiram em algum tipo de atividade inovativa no período analisado. Esse número sobe para 92,5% para as firmas de intensidade tecnológica média-alta e alta. Porém, constata-se que a proporção de empresas que investem diretamente em P&D continua sendo baixa, compreendendo 25,78% do total, chegando a 18,28% das firmas com intensidade tecnológica mais baixa e a 39,8% para as firmas de intensidade tecnológica mais alta. Dessa maneira, observa-se que o investimento direto em P&D é baixo mesmo para aquelas empresas que possuem um “perfil” inovador.

No que se refere à inovação propriamente dita, 46,78% das firmas da amostra total implantaram alguma inovação no período, sendo que 30,73% implantaram inovação de produto e 39,35% implantaram inovação de processo. Todos esses valores são maiores para empresas de intensidade tecnológica média-alta e alta. Importante destacar que a diferença entre inovações de produto e processo entre os dois níveis de intensidade tecnológica são bastante diferentes de um para outro. Enquanto 25,1% e 36,3% das firmas de intensidade baixa e baixa-média implementaram, respectivamente, inovação de produto e processo, numa diferença de 11 pontos percentuais, esses valores foram de 46,04% e 47,63% para as firmas de intensidade média-alta e alta, numa diferença de um pouco mais de 1 ponto percentual. Isso demonstra que as firmas mais intensivas em tecnologia não só inovam mais como também estão mais focadas na inovação de produto do que as firmas menos intensivas. A inovação de processo também é a mais praticada pelas empresas inovadoras, compreendendo 84,10% contra 65,68% de firmas que implementaram inovação de produto. Assim como observado na amostra total, a amostra de empresas inovadoras evidencia que a inovação de produto é mais praticada pelas empresas de maior intensidade tecnológica.

Na amostra total, as outras variáveis binárias da Tabela 3 evidenciam o que já era esperado, no qual firmas pertencentes ao grau de intensidade tecnológica média-alta e alta possuem maiores valores do que firmas pertencentes ao grau tecnológico baixo e baixo-médio. Esses valores dobram ou mais do que dobram em algumas variáveis como capital estrangeiro (de 5,98% para 22,47%), grupo (de 16,5% para 29,38%), apoio do governo (de 10,88% para 20,93%), arranjo cooperativo (de 6,81% para 14,29%) e qualidade da mão-de-obra (de 7,16% para 23,27%). Porém, em termos absolutos, todas essas variáveis possuem uma representatividade menor na amostra total.

A exceção aparece com a variável de competitividade internacional, no qual 5,51% das firmas de intensidade tecnológica baixa e baixa-média possuem o exterior como seu principal mercado, enquanto esse valor levemente cai para 4,27% para as empresas de intensidade média-alta e alta. Por outro lado, apenas 31,58% das firmas de menor intensidade exportaram no período, contra 49,26% das firmas de maior intensidade. Esses dados revelam que em termos absolutos pouquíssimas firmas brasileiras são competitivas internacionalmente, porém, proporcionalmente, as firmas menos intensivas são um pouco mais competitivas do que as firmas mais intensivas, apesar destas exportarem mais.

Dessa forma, no geral, os produtos da indústria de transformação estão voltados para o mercado doméstico. Apesar das indústrias mais intensivas em tecnologia inovarem mais, elas são menos competitivas do que as indústrias menos intensivas (mesmo que numa diferença pequena), mostrando que os produtos nacionais mais intensivos tecnologicamente não conseguem competir com os seus concorrentes estrangeiros. Mesmo as indústrias mais intensivas exportando mais do que as menos intensivas, proporcionalmente estas possuem o seu mercado principal mais voltado para o exterior do que aquelas.

Outras variáveis que se destacaram foram as fontes de informação, principalmente com a cadeia produtiva. Na amostra total, 48,16% das firmas consideraram as fontes de informação com a cadeia produtiva como importantes para o processo inovativo, enquanto que na amostra das empresas inovadoras esse valor sobe para 97,03%. As fontes com concorrente subiram de 24,05% para 48,91%, e as fontes com centros educacionais e de pesquisa subiram de 23,24% para 47,03%. Outras variáveis também aumentaram a sua proporção significativamente quando se compara o total dos dois grupos de amostras, como é o caso da proteção (de 26,91% para 55,09%), do apoio do governo (de 13,58% para

27,95%), do arranjo cooperativo (de 8,82% para 17,98%) e da qualidade da mão-de-obra (de 11,49% para 23,66%). Já as variáveis de capital estrangeiro (de 10,41% para 13,92%), grupo (de 19,96% para 24,94%), competitividade internacional (de 5,17% para 5,52%) e exportação (de 36,33% para 44,18%) tiveram aumentos percentuais mais modestos.

Dando prosseguimento na análise das estatísticas descritivas, as médias das variáveis contínuas estão representadas na Tabela 4. O número de observações é o mesmo da Tabela 3, com exceção da variável de capital por trabalhador (*K*). Devido ao cruzamento dos dados entre a PINTEC e a PIA, o número de observações dessa variável se reduz para 11505 firmas na amostra total, sendo 8401 de intensidade tecnológica baixa e baixa-média e 3104 de intensidade média-alta e alta. Já na amostra de empresas inovadoras, o número de observações da variável de capital por trabalhador se reduz para 5502 firmas, sendo 3594 de intensidade tecnológica baixa e baixa-média e 1908 de intensidade média-alta e alta.

Tabela 4 – Estatística Descritiva: Variáveis Contínuas – Médias

Variáveis Contínuas	Amostra Total			Amostra Empresas Inovadoras		
	Total	Intensidade Tecnológica		Total	Intensidade Tecnológica	
		Baixa e Baixa-média	Média-alta e Alta		Baixa e Baixa-média	Média-alta e Alta
Gasto com Atividades Inovativas*	2.736,01	1.823,84	5.226,63	5.760,54	4.330,52	8.470,82
Intensidade Gasto com Atividades Inovativas	5,30%	5,14%	5,75%	11,03%	11,98%	9,24%
Gasto com P&D*	873,79	432,84	2.077,76	1.871,89	1.035,16	3.457,71
Intensidade Gasto P&D	0,69%	0,43%	1,38%	1,41%	0,99%	2,21%
Pessoal Ocupado	330,69	322,89	351,91	492,97	500,95	477,86
<i>Market-share</i>	0,18%	0,17%	0,19%	0,29%	0,29%	0,28%
Receita Líquida de Vendas*	106.436,00	87.692,16	157.614,70	189.825,80	167.668,10	231.820,50
Valor da Transformação Industrial*	42.931,05	38.739,96	54.374,47	78.331,88	78.057,03	78.852,79
Capital por Trabalhador*	11,09	10,07	13,84	14,43	14,12	15,03
Consumo de Matérias-primas por Trabalhador*	104,10	85,71	154,13	122,00	96,93	169,42
Produtividade do Trabalho*	70,30	58,03	103,69	83,94	69,76	110,77
Observações	13672	10007	3665	6358	4162	2196
Observações para K	11505	8401	3104	5502	3594	1908

*Em milhões de Reais.

Fonte: Elaboração própria a partir das bases citadas na Tabela 1.

Com relação às variáveis contínuas representadas pela Tabela 4, as mesmas estão representadas pelos seus valores médios. Na amostra total, é possível perceber que o gasto médio em atividades inovativas é de R\$ 2.736.010,00, enquanto que o gasto médio diretamente em P&D é de R\$ 873.790,00. Mais uma vez, as indústrias de intensidade tecnológica média-alta e alta superam em valores médios as indústrias de intensidade baixa e baixa-média. Porém, quando se analisa a intensidade desses gastos com relação à receita líquida de vendas, percebe-se que essas diferenças são menores. Enquanto a intensidade do gasto em atividades inovativas das firmas mais intensivas em tecnologia é de 5,75%, para as firmas menos intensivas é de 5,14%. Essa relação para ao gasto em P&D é de 1,38% para o primeiro grupo e de 0,43% para o segundo.

Já com relação às médias das variáveis contínuas da amostra das firmas inovadoras, destaca-se a variável de intensidade do gasto em atividades inovativas, que passou a ser maior para as empresas de intensidade tecnológica baixa e baixa-média (11,98% contra 9,24% para as empresas de intensidade média-alta e alta). Porém, a intensidade do gasto com P&D continua sendo mais alta para as empresas mais intensivas em tecnologia (2,21% contra 0,99% para as empresas de intensidade baixa e baixa-média). Em valores absolutos, a média do gasto com atividades inovativas para o total da amostra das firmas inovadoras foi de R\$ 5.760.540,00, enquanto que a média do gasto em P&D foi de R\$ 1.871.890,00.

Outra constatação é de que a amostra de empresas inovadoras possui uma média de pessoal ocupado (492 funcionários) maior do que a média da amostra total (330 funcionários), mostrando que um tamanho maior é mais condizente com o perfil das empresas inovadoras. Outra diferença é que a média de pessoal ocupado das firmas mais intensivas em tecnologia é maior do que nas firmas menos intensivas na amostra total, enquanto que na amostra das inovadoras é o contrário, evidenciando o maior peso da variável de tamanho para as firmas com intensidade tecnológica mais baixa.

Por fim, percebe-se que a produtividade do trabalho dos setores de intensidade tecnológica média-alta e alta é cerca de 55% maior do que a produtividade do trabalho dos setores industriais de baixa e baixa-média intensidade quando se analisa a amostra total, o que comprova a força desses setores mais voltados para a tecnologia. Já na comparação das duas amostras, a média da produtividade do trabalho da amostra das empresas inovadoras

(83,94) é maior do que na amostra total (70,3), o que também acontece tanto com as firmas de intensidade tecnológica baixa e baixa-média, quanto com as firmas de intensidade média-alta e alta.

No que se refere ao perfil da amostra com relação à classificação de atividade econômica (CNAE 2.0), a Tabela 5 mostra a proporção de firmas de cada uma das atividades manufatureiras da amostra total e da amostra das firmas inovadoras, evidenciando a taxa de variação desses setores da primeira para a segunda amostra a fim de detectar as atividades mais relacionadas com a inovação.

Tabela 5 – Estatística Descritiva: Atividades Econômicas (CNAE 2.0)

Intensidade Tecnológica	Atividades Econômicas - CNAE 2.0 em 2 dígitos	Total	Inovadoras	Taxa de variação
Baixa e Baixa-média	Fabricação de produtos alimentícios	12,20%	12,36%	1,3%
	Fabricação de bebidas	1,48%	1,73%	14,2%
	Fabricação de produtos do fumo	0,26%	0,20%	-28,8%
	Fabricação de produtos têxteis	4,70%	4,15%	-13,3%
	Confecção de artigos do vestuário e acessórios	8,21%	6,24%	-31,4%
	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados	5,03%	3,71%	-35,6%
	Fabricação de produtos de madeira	3,55%	2,12%	-67,1%
	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	3,23%	2,60%	-24,6%
	Fabricação de móveis	4,08%	3,95%	-3,4%
	Fabricação de produtos diversos	2,57%	2,67%	3,7%
	Impressão e reprodução de gravações	1,42%	1,45%	1,9%
	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	1,27%	1,09%	-16,6%
	Fabricação de artigos de borracha e plástico	7,05%	6,79%	-3,8%
	Fabricação de produtos de minerais não metálicos	5,48%	4,45%	-23,1%
	Metalurgia	2,93%	2,93%	-0,3%
	Fabricação de produtos de metal	7,61%	7,80%	2,5%
	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	2,11%	1,21%	-74,5%
Média-alta e Alta	Fabricação de produtos químicos	5,03%	6,78%	25,8%
	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	3,55%	4,64%	23,4%
	Fabricação de máquinas e equipamentos	7,15%	8,93%	20,0%
	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	4,73%	5,73%	17,3%
	Fabricação de outros equipamentos de transporte	1,00%	1,10%	9,0%
	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	1,59%	2,28%	30,4%
	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	3,75%	5,08%	26,1%
	Observações	13672	6358	

Fonte: Elaboração própria a partir da PINTEC 2008 (2010).

Pela Tabela 5 é possível constatar que as atividades econômicas mais representativas da amostra total são as de alimentos (12,20%), vestuário (8,21%), metal (7,61%), máquinas e equipamentos (7,15%) e borracha e plástico (7,05%). Porém, quando analisada a amostra das empresas inovadoras, percebe-se que a taxa de variação da participação dessas atividades econômicas é maior nos setores representados pelo nível de intensidade tecnológica média-alta e alta. Dentre esses setores, os que possuíram uma maior taxa de variação positiva entre as duas amostras foram justamente os de intensidade alta, com a produção de produtos farmoquímicos e farmacêuticos variando 30,4% e o de fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos variando 26,1%.

Pela Tabela 5, nota-se que todas as atividades econômicas pertencentes ao nível de intensidade média-alta e alta apresentaram taxas de variação positivas, enquanto a maioria dos setores pertencentes ao nível de intensidade baixa e média-baixa apresentaram taxas de variação negativa. Dentre as variações negativas, destacam as atividades de manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos e a atividade de fabricação de produtos de madeira, que, respectivamente, perderam a representação da amostra total para a amostra de firmas inovadoras com as taxas de variação de 74,5% e 67,1%.

Assim, conclui-se que, em geral, as firmas mais intensivas em tecnológica (média-alta e alta) inovam proporcionalmente mais do que as firmas menos intensivas (baixa e baixa-média). Evidencia-se também que a maioria das variáveis de ambiente organizacional e concorrencial das empresas como tamanho, grupo e capital estrangeiro, bem como as variáveis de capacitação como qualidade da mão-de-obra, arranjo cooperativo e apoio do governo são mais presentes nas firmas inovadoras do que na amostra total. Por outro lado, poucas firmas nacionais estão voltadas para o mercado externo, não se mostrando relacionada com o nível de intensidade tecnológica. Resta esclarecer as relações e o impacto dessas variáveis uma nas outras, o que será analisado nas estimações da seção a seguir.

3.2. Resultados das Estimções

As estimções seguem o modelo CDM em três estágios: primeiro é estimado o impacto de algumas variáveis sobre o gasto em atividades inovativas, depois se verifica o

impacto destas sobre a inovação, e, por último, o impacto da inovação sobre a produtividade. Como já discutido, a análise em três estágios visa compreender as relações corretas de que é a inovação que impactará o desempenho produtivo, e não diretamente o investimento em P&D ou qualquer outro gasto em atividades voltadas para o processo inovativo. O modelo toma conta do problema de viés de seleção na primeira equação ao compreender a amostra total e não apenas a amostra de empresas inovadoras, e também corrige o problema de endogeneidade ao instrumentalizar as variáveis de gasto com atividades inovativas e inovação com seus valores previstos de uma etapa para outra. Os resultados das estimações de cada uma dessas etapas estão destacados a seguir.

3.2.1. Estimações: Esforço Inovativo (Atividades Inovativas)

As estimações da primeira etapa do modelo CDM proposto podem ser vistas na Tabela 6. Foram estimados quatro modelos, representados pelas quatro colunas da tabela. Enquanto as colunas 2, 3 e 4 apresentam como variável dependente o logaritmo do gasto com atividades inovativas (*GAI*), respectivamente, na amostra total, na amostra de empresas de intensidade tecnológica baixa e baixa-média e na amostra de empresas de intensidade média-alta e alta, a coluna 1 apresenta a estimacão da amostra total utilizando como variável dependente somente o gasto com P&D (*GPD*). O uso desta última somente foi utilizado nessa etapa do modelo e na amostra total a título de comparação com o gasto em atividade inovativas e com outras evidências empíricas, já que o uso do investimento direto em P&D é encontrado na maioria dos trabalhos empíricos da literatura.

A Tabela 6 é dividida em duas partes, a primeira compreende a intensidade das variáveis sobre o gasto em atividades inovativas ou em P&D, enquanto a segunda parte é composta por variáveis de seleção, ou seja, que impactam a decisão da firma de investir nessas atividades. Pela tabela também é possível observar o número total de observações e a quantidade destas que foram censuradas de acordo com a variável dependente, ou seja, que apresentaram valor zero, ou ainda, que não investiram em atividades inovativas ou em P&D. Vale chamar atenção também que as variáveis estão representadas pelos seus códigos descritos na Tabela 1.

Tabela 6 – Estimações: Esforço Inovativo – Tobit Generalizado

	(1) Total (ln)GPD	(2) Total (ln)GAI	(3) Baixa e Baixa-média (ln)GAI	(4) Média-alta e Alta (ln)GAI
Intensidade				
Compet	0,081 (0,166)	0,467*** (0,115)	0,682*** (0,143)	0,025 (0,189)
Capest	1,025*** (0,107)	1,161*** (0,078)	1,117*** (0,121)	1,201*** (0,102)
Gov	0,742*** (0,080)	0,976*** (0,052)	0,968*** (0,067)	0,973*** (0,084)
Quali	0,985*** (0,153)	1,123*** (0,059)	1,105*** (0,086)	1,129*** (0,082)
Arr	0,418*** (0,084)	0,460*** (0,065)	0,370*** (0,086)	0,593*** (0,099)
Intec	1,016** (0,517)	0,238 (0,201)	- -	- -
Infcad	-0,087 (0,728)	0,299 (0,190)	0,279 (0,219)	0,360 (0,362)
Infconc	-0,014 (0,074)	-0,026 (0,048)	-0,032 (0,061)	-0,012 (0,078)
Infpesq	0,094 (0,079)	0,241*** (0,050)	0,159** (0,064)	0,377*** (0,080)
Seleção				
(ln)PO	0,162*** (0,017)	0,135*** (0,015)	0,126*** (0,016)	0,125*** (0,033)
(ln)Mkt	0,096*** (0,012)	0,025*** (0,009)	0,027** (0,011)	0,071*** (0,022)
Prot	1,074*** (0,040)	1,875*** (0,039)	1,859*** (0,047)	1,776*** (0,076)
Grupo	0,192*** (0,034)	0,059* (0,033)	0,095** (0,040)	-0,183*** (0,059)
Incub	0,241*** (0,085)	0,284*** (0,099)	0,266** (0,126)	0,258 (0,163)
Rho	-0,948*** (0,057)	-0,365*** (0,034)	-0,389*** (0,042)	-0,401*** (0,072)
Sigma	0,659*** (0,024)	0,623*** (0,010)	0,645*** (0,012)	0,581*** (0,017)
Log Likelihood	-6928,284	-18669,71	-12676,82	-5903,825
Wald Test	274,62***	109,54***	83,35***	31,01***
Nº de Obs	13515	13515	9882	3633
Censuradas	11823	7560	6040	1520
Não censuradas	1692	5955	3842	2113

*** significativo a 1%, ** significativo a 5% e * significativo a 10%. Os erros-padrão são robustos e se encontram entre parênteses. As *dummies* de atividades econômicas e de localização das regiões geográficas foram incluídas nas duas equações e não estão reportadas, bem como as constantes. Elaboração própria a partir das bases citadas na Tabela 1.

Com relação à parte de seleção, percebe-se que, com exceção da variável incubadora (*Incub*) na estimação da amostra de intensidade tecnológica média-alta e alta, todas as variáveis mostraram ser estatisticamente significativas, com a maioria significativa a 1%. Além disso, com exceção da variável *Grupo* também na estimação da amostra mais intensiva, todas as variáveis apresentaram sinais positivos em seus coeficientes.

Dentre os resultados encontrados na equação de seleção, evidencia-se em todos os modelos que quanto maior o tamanho da firma (*PO*, medido pelo logaritmo do número de pessoal ocupado), maior será a probabilidade de esta decidir realizar o investimento em atividades inovativas ou em P&D. Essa proporção é um pouco maior para o investimento somente em P&D do que para o investimento total em atividades inovativas. Por outro lado, o impacto se mostrou praticamente o mesmo de acordo com o nível de intensidade tecnológica da firma. Esses resultados coincidem com as evidências encontradas para os países europeus como França, Alemanha, Espanha e Reino Unido em Crépon *et al.* (1998), Mairesse e Mohnen (2003) e Griffith *et al.* (2006), e também para os países da América Latina como México, Argentina, Chile, Uruguai e Colômbia em Raffo *et al.* (2008) e Crespi e Zuñiga (2010).

A variável de *market-share* (*Mkt*) também mostrou uma relação positiva com a decisão de investir em atividades inovativas ou em P&D em todos os modelos, mostrando que firmas mais concentradoras investem mais nessas atividades do que firmas menos representativas. Esse resultado coincide com o encontrado por Crépon *et al.* (1998) para as empresas francesas. Já a variável *Grupo* mostrou impactar mais a decisão do esforço inovativo em P&D do que nas atividades gerais, enquanto que a amostra de firmas de intensidade tecnológica média-alta e alta apresentou uma relação negativa, evidenciando que o fato da empresa participar de um grupo diminui a probabilidade de investir quanto maior for a intensidade tecnológica da firma.

Verifica-se assim que, de forma geral, as questões de estrutura de mercado envolvendo o tamanho da firma e a concentração são importantes determinantes para a decisão de investir em inovação. Logo, esses resultados estão alinhados com as hipóteses schumpeterianas²⁹ de que as grandes empresas possuem competências superiores quando comparada com as menores. As firmas maiores e de maior participação no mercado

²⁹ Abordadas no subitem 1.2.1 sobre os determinantes externos das atividades inovativas e da inovação.

provavelmente se defrontam com um clima mais propício para o investimento em inovação, podendo se arriscar mais e explorar novas possibilidades técnicas com uma base mais ampla de produtos e vantagens de escala.

Em todos os modelos, verifica-se que a utilização de métodos de proteção (*Prot*) também mostrou uma relação positiva com a decisão de investir em atividades inovativas, evidenciando a importância da apropriabilidade da inovação para o processo inovativo. Esse resultado também foi encontrado por Griffith *et al.* (2006) e Mairesse e Robin (2012) para a França e por Crespi e Zuñiga (2010) para o Chile, Colômbia e Uruguai (na Argentina esse resultado não se mostra significativo). Por fim, dentro da equação de seleção, verifica-se que fazer parte de uma incubadora ou parque tecnológico (*Incub*) impacta positivamente na decisão do esforço inovativo, não se mostrando estatisticamente significativo apenas na amostra de empresas mais intensivas em tecnologia.

Já no que se refere da equação de resultado ou nos efeitos da intensidade do gasto em atividades inovativas ou P&D, a maioria das variáveis se mostraram estatisticamente significativas e com coeficientes associados positivos, com a exceção feita para os valores das fontes de informação com a cadeia produtiva (*Infcad*) e com o concorrente (*Infconc*). Dentre as fontes de informação, apenas a com centros educacionais e de pesquisa (*Infpesq*) apresentaram coeficientes associados significativos quando analisada a variável dependente *GAI*. O coeficiente dessa variável se torna ainda maior de acordo com o nível de intensidade tecnológica da firma. Esses resultados mostram a importância das informações vindas de centros de pesquisa e da ciência básica e aplicada para o impacto da intensidade do gasto em atividades inovativas. Por outro lado, a intensidade do investimento parece não ser influenciada pelas trocas de informações com a própria cadeia produtiva e com os concorrentes.

Como todas as evidências empíricas dos outros trabalhos analisados utilizou o investimento em P&D como variável dependente, a maioria dos resultados encontrados coincidem com a coluna 1 dessa pesquisa, tanto nos países europeus quanto nos da América Latina, com a exceção feita para a Suíça e Espanha em Raffo *et al.* (2008) na fonte de informação com universidades. A comparação com as colunas 2, 3 e 4 fica impossível, pois as outras evidências não utilizam o gasto total com atividades inovativas como variável

dependente. Entretanto, de forma geral, as fontes de informação não parecem ser decisivas para a intensidade do investimento no processo de inovação.

As variáveis de apoio do governo (*Gov*), qualidade da mão-de-obra (*Quali*) e arranjo cooperativo (*Arr*), como esperadas, se mostraram positivas e significativas no impacto da intensidade do gasto em atividades inovativas e em P&D. Esses impactos se tornaram maiores à medida que o nível de intensidade tecnológica da firma aumentou. A questão da cooperação coincide com os resultados para a França, Alemanha, Espanha e Reino Unido em Griffith *et al.* (2006) e para a Colômbia e o Uruguai em Crespi e Zuñiga (2010), porém, não coincidindo com o Chile e a Argentina neste último trabalho. Já o resultado da variável apoio do governo também é encontrado para os países da Alemanha, Espanha, Chile e Colômbia e não encontrado para a França, Reino Unido, Argentina e Uruguai nos trabalhos de Griffith *et al.* (2006) e Crespi e Zuñiga (2010).

Esses resultados confirmam a importância dos critérios de capacitação (qualidade da mão-de-obra), conhecimento e aprendizagem (arranjo cooperativo e fontes de informação com centros educacionais e de pesquisa), e dos sistemas nacionais de inovação e das políticas públicas para inovar (apoio do governo). Essas evidências estão de acordo com as questões dos múltiplos determinantes e do ambiente voltado para a tecnologia destacado pela teoria neoschumpeteriana e evolucionária.

Dando prosseguimento a análise, a variável de competitividade internacional (*Compet*) se relacionou positivamente em todos os modelos, mas apenas se mostrou estatisticamente significativa com a amostra total quando utilizada a variável dependente *GAI* e com a amostra de intensidade tecnológica baixa e baixa-média. Dessa forma, a intensidade do gasto direto com P&D parece não ser impactado pelo fato do mercado principal da firma ser o estrangeiro, assim como a intensidade do gasto inovativo geral das firmas mais intensivas em tecnologia parece não ser impactado pela competitividade internacional. Por outro lado, o fato da origem do capital controlador da empresa ser estrangeiro (*Capest*) impacta positivamente na intensidade do esforço inovativo em todos os modelos, o que também acontece com a Argentina e a Colômbia, mas não se verifica no Chile e no Uruguai em Crespi e Zuñiga (2010).

O fato de a firma pertencer ao nível de intensidade tecnológica média-alta e alta (*Intec*) não se mostrou significativo em relação ao investimento em atividades inovativas

na amostra total, mas se mostrou positivo e significativo com o investimento direto em P&D. Esse resultado mostra que o gasto formal e mais especializado (investimento em P&D) é mais influenciado pelo tipo de atividade econômica da empresa no que se refere ao seu padrão tecnológico, enquanto que o gasto mais geral em atividades inovativas não é influenciado pelo fato da empresa pertencer a setores com padrões tecnológicos mais fortes. Dessa maneira, a questão setorial com base na intensidade tecnológica não parece ser importante na intensidade do investimento geral em atividades inovativas, mas outras variáveis apresentam coeficientes associados maiores quando analisadas nas amostras de firmas caracterizadas por indústrias de intensidade tecnológica alta e média-alta³⁰.

Assim, observa-se que, no geral, as hipóteses schumpeterianas de que as firmas maiores e mais concentradas decidem investir mais em atividades inovativas é confirmada, assim como a condição de apropriabilidade parece ser essencial para o engajamento da firma nessas atividades. Já com relação à intensidade desses investimentos, as variáveis mais relacionadas com o processo inovativo como apoio do governo, arranjo cooperativo, qualidade da mão-de-obra e as fontes de informações com centros educacionais e de pesquisa se mostraram positivas e estatisticamente significativas, o que era esperado devido ao direcionamento dessas variáveis para a incorporação de um perfil inovador. Por fim, a competitividade internacional parece não impactar o gasto direto em P&D e nas atividades inovativas das firmas mais intensivas em tecnologia, o que mostra que os ramos mais complexos e com padrões tecnológicos mais desenvolvidos não estão voltados para o mercado externo.

3.2.2. Estimações: Inovação

A segunda etapa do modelo CDM proposto é composta pela estimação de um modelo Probit, utilizando as variáveis binárias de inovação de produto (*Inoprod*), inovação de processo (*Inoproc*) e inovação de produto e/ou processo (*Inov*) como dependentes nas equações. Dessa forma, foram estimados três modelos de inovação, cada um contendo o conjunto de amostras total e em níveis de intensidade tecnológica. A

³⁰ A questão setorial como determinante para as atividades inovativas e inovação é abordada no subitem 1.2.1.

variável gasto em atividades inovativas (*GAI*) entra com o seu valor previsto da etapa anterior, sendo utilizada agora como variável explicativa.

Pela Tabela 7 é possível ver as estimações de acordo com as variáveis dependentes: as colunas 1, 2 e 3 apresentam a inovação de produto (*Inoprod*); as colunas 4, 5 e 6 apresentam a inovação de processo (*Inoproc*); e as colunas 7, 8 e 9 apresentam a inovação de produto e/ou processo (*Inov*).

Tabela 7 – Estimações: Inovação – Probit

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	Total	Baixa e Baixa- média	Média- alta e Alta	Total	Baixa e Baixa- média	Média- alta e Alta	Total	Baixa e Baixa- média	Média- alta e Alta
	Inoprod	Inoprod	Inoprod	Inoproc	Inoproc	Inoproc	Inov	Inov	Inov
(ln)GAI	0,262*** (0,021)	0,262*** (0,028)	0,229*** (0,033)	0,118*** (0,024)	0,138*** (0,033)	0,080** (0,035)	0,188*** (0,034)	0,197*** (0,046)	0,144*** (0,052)
(ln)PO	0,025** (0,012)	0,018 (0,014)	0,051** (0,023)	0,047*** (0,012)	0,024 (0,015)	0,100*** (0,023)	0,035** (0,016)	0,018 (0,019)	0,097*** (0,032)
Arr	0,176*** (0,049)	0,215*** (0,061)	0,148* (0,083)	0,161*** (0,055)	0,163** (0,073)	0,180** (0,083)	-0,026 (0,081)	0,053 (0,106)	-0,133 (0,128)
Intec	0,293** (0,150)	- -	- -	-0,396** (0,156)	- -	- -	0,030 (0,206)	- -	- -
Inf cad	1,941*** (0,047)	1,872*** (0,054)	2,230*** (0,101)	2,675*** (0,048)	2,686*** (0,055)	2,603*** (0,105)	3,232*** (0,055)	3,196*** (0,063)	3,393*** (0,114)
Inf conc	0,184*** (0,034)	0,106** (0,041)	0,364*** (0,061)	0,109*** (0,038)	0,133*** (0,048)	0,068 (0,062)	0,324*** (0,058)	0,311*** (0,070)	0,360*** (0,102)
Inf pesq	0,089** (0,035)	0,127*** (0,042)	0,009 (0,063)	0,059 (0,039)	0,062 (0,050)	0,061 (0,064)	-0,015 (0,058)	0,022 (0,071)	-0,100 (0,099)
Pseudo-R ²	0,443	0,409	0,466	0,564	0,595	0,471	0,761	0,753	0,768
Log Likelihood	-4644,011	-3288,779	-1338,187	-3949,906	-2617,511	-1327,521	-2226,710	-1655,010	-566,486
Nº de Obs.	13516	9884	3632	13516	9884	3632	13516	9884	3632

*** significativo a 1%, ** significativo a 5% e * significativo a 10%. Os erros-padrão são robustos e se encontram entre parênteses. As *dummies* de atividades econômicas e de localização das regiões geográficas foram incluídas e não estão reportadas, bem como a constante. Elaboração própria a partir das bases citadas na Tabela 1.

Verifica-se pela tabela que a maioria das variáveis estão positivamente relacionadas, no qual os seus coeficientes possuem o sinal positivo. As variáveis que não se mostraram estatisticamente significativas são: tamanho da firma (*PO*) nas amostras de firmas com intensidade tecnológica baixa e baixa-média (colunas 2, 5 e 8); fonte de informação com centros educacionais e de pesquisa (*Inf pesq*) para todas as amostras envolvendo inovação de processo e produto e/ou processo, além da amostra de intensidade média-alta e alta para a inovação de produto (colunas 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9); arranjo

cooperativo (*Arr*) e intensidade tecnológica (*Intec*) para todas as amostras envolvendo a inovação de produto e/ou processo como variável dependente (colunas 7, 8 e 9).

O coeficiente da principal variável explicativa do modelo (*GAI*) mostra que quanto maior for o nível de investimento em atividades inovativas, maior será a probabilidade de as firmas inovarem em produto, processo ou em ambos. Esse resultado acontece tanto nas amostras totais quanto nas amostras dos níveis de intensidade tecnológica, no qual a probabilidade é ainda maior para as empresas menos intensivas em tecnológica em comparação com as firmas mais intensivas. Dessa forma, comprova-se a importância do investimento dessas atividades para a geração da inovação, seja esta de qualquer tipo e envolvendo qualquer nível de intensidade tecnológica.

Da mesma forma, a probabilidade de inovar também aumenta com relação ao tamanho da firma (*PO*) na amostra total e na amostra de firmas mais intensivas em tecnologia, enquanto que na amostra de intensidade mais baixa a variável “tamanho” não se mostrou significativa. Isso acontece quando se considera qualquer tipo de inovação (produto, processo ou produto e/ou processo). Assim como na primeira etapa do modelo, a hipótese schumpeteriana sobre o tamanho da firma acontece nessa segunda etapa, só não confirmando quando se reduz a amostra para empresa de intensidade tecnológica baixa e baixa-média.

A probabilidade de inovar em produto e em processo também aumenta para aquelas firmas que participaram de arranjos cooperativos (*Arr*), no qual esta se mostrou positiva e significativa para a amostra total e em níveis de intensidade tecnológica. O mesmo não acontece com a inovação de produto e/ou processo, no qual a variável de arranjo cooperativo não se mostrou significativo em nenhuma amostra. As fontes de informação com concorrentes (*Infconc*) e com a cadeia produtiva (*Infcad*) se mostraram relevantes para a implementação dos três tipos de inovação. Dessas fontes, a que apresentou um maior impacto é a troca de informações com a cadeia produtiva, principalmente para a amostra de firmas com intensidade tecnológica média-alta e alta. Já a variável de fontes de informação com centros educacionais e de pesquisa (*Infpesq*) apenas se mostrou significativa na probabilidade de inovar em produto na amostra total e na amostra de empresas menos intensivas em tecnologia.

Assim, com os resultados da primeira etapa representados na Tabela 5 e os resultados da segunda etapa do modelo CDM representados na Tabela 6, é possível perceber as diferenças dos tipos de fontes de informação no decorrer do processo inovativo, evidenciando os canais de troca de conhecimento e aprendizagem. A fonte de informação com centros educacionais e de pesquisa é mais voltada para as atividades inovativas e para a inovação de produto, enquanto que as fontes com a cadeia produtiva e com os concorrentes são mais importantes para a inovação propriamente dita, seja ela de qualquer tipo. Esse percurso da influência dos institutos de pesquisa no investimento em atividades inovativas e em P&D (investimento de caráter incerto) para depois verificar o maior impacto das fontes com a cadeia produtiva e com os concorrentes no desenvolvimento da inovação em si alinha-se com a questão das trajetórias tecnológicas do pensamento evolucionário, evidenciando-se o caráter de aprendizagem e cumulatividade do processo inovativo³¹.

Pela Tabela 7 também é possível observar, pelas amostras totais, que o fato da empresa pertencer aos setores industriais de intensidade média-alta e alta (*Intec*) aumenta a probabilidade de a empresa inovar em produto, o que demonstra a força das atividades econômicas mais intensivas em tecnologia para esse tipo de inovação. Porém, isso não acontece com a inovação de processo, que mostra uma relação negativa, e nem com a inovação de produto e/ou processo, que não se mostra significativo. Logo, juntamente com a análise da estatística descritiva da Tabela 3, é possível perceber que a inovação de produto está mais relacionada com os setores mais intensivos em tecnologia, enquanto que a inovação de processo compreende mais os setores menos intensivos. Esse resultado demonstra as diferenças setoriais no que se refere aos seus padrões tecnológicos.

Por fim, a comparação com as evidências empíricas de outros países quando analisada a amostra total é bastante semelhante com os resultados encontrados tanto nos países europeus quanto nos países da América Latina. As evidências encontradas por Griffith *et al.* (2006), Mairesse e Robin (2012), Crespi e Zuñiga (2010) e Raffo *et al.* (2008) confirmam a relação principal da inovação com o gasto em P&D, com o tamanho da firma e com a maioria das fontes de informação.

³¹ As trajetórias tecnológicas são abordadas na seção 1.1 e a questão do conhecimento a aprendizagem no subitem 1.2.2.

3.2.3. Estimacões: Produtividade

A terceira e última etapa do modelo CDM proposto é composta pela estimacão do modelo MQO, utilizando a produtividade do trabalho (*PT*) em logaritmo como variável dependente. As variáveis de inovacão (*Inoprod*, *Inoproc* e *Inov*) entram com os seus valores previstos da etapa anterior, sendo utilizadas agora como variáveis explicativas. Cada um desses tipos de inovacão forma um modelo diferente, no qual estão estimadas pela amostra total, pela amostra de firmas pertencentes ao nível de intensidade tecnológica baixa e baixa-média e pela amostra de firmas pertencentes ao nível de intensidade tecnológica média-alta e alta. Os resultados das estimacões estão reportados na Tabela 8.

Tabela 8 – Estimacões: Produtividade – MQO

	Inovacão de Produto			Inovacão de Processo			Inovacão de Produto e/ou Processo		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	Total	Baixa e Baixa- média	Média- alta e Alta	Total	Baixa e Baixa- média	Média- alta e Alta	Total	Baixa e Baixa- média	Média- alta e Alta
	(ln)PT	(ln)PT	(ln)PT	(ln)PT	(ln)PT	(ln)PT	(ln)PT	(ln)PT	(ln)PT
Inoprod	0,123*** (0,034)	0,157*** (0,044)	0,056 (0,059)	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Inoproc	- -	- -	- -	0,080*** (0,027)	0,091*** (0,031)	0,040 (0,057)	- -	- -	- -
Inov	- -	- -	- -	- -	- -	- -	0,063*** (0,023)	0,078*** (0,027)	0,021 (0,047)
(ln)PO	0,029*** (0,010)	0,029** (0,013)	0,027* (0,015)	0,031*** (0,010)	0,031** (0,013)	0,028* (0,015)	0,032*** (0,010)	0,032** (0,012)	0,030** (0,015)
(ln)K	0,142*** (0,007)	0,137*** (0,008)	0,156*** (0,015)	0,142*** (0,007)	0,138*** (0,008)	0,156*** (0,015)	0,142*** (0,007)	0,138*** (0,008)	0,156*** (0,015)
(ln)MP	0,216*** (0,012)	0,215*** (0,011)	0,225*** (0,035)	0,216*** (0,012)	0,215*** (0,011)	0,225*** (0,035)	0,216*** (0,012)	0,215*** (0,011)	0,225*** (0,035)
Capest	0,307*** (0,030)	0,307*** (0,041)	0,324*** (0,049)	0,313*** (0,030)	0,318*** (0,041)	0,325*** (0,050)	0,314*** (0,030)	0,319*** (0,041)	0,324*** (0,050)
Grupo	0,162*** (0,025)	0,187*** (0,031)	0,105** (0,043)	0,162*** (0,025)	0,189*** (0,031)	0,104** (0,043)	0,163*** (0,025)	0,189*** (0,031)	0,104** (0,043)
Exp	0,229*** (0,023)	0,250*** (0,026)	0,169*** (0,044)	0,230*** (0,023)	0,251*** (0,026)	0,170*** (0,044)	0,230*** (0,023)	0,252*** (0,026)	0,171*** (0,044)
Intec	0,067 (0,170)	- -	- -	0,052 (0,170)	- -	- -	0,065 (0,170)	- -	- -
R ²	0,403	0,379	0,344	0,403	0,379	0,344	0,403	0,379	
Nº de Obs	8219	5792	2427	8219	5792	2427	8219	5792	2427

*** significativo a 1%, ** significativo a 5% e * significativo a 10%. Os erros-padrão são robustos e se encontram entre parênteses. As *dummies* de atividades econômicas e de localizacão das regiões geográficas foram incluídas e não estão reportadas, bem como a constante. Elaboracão própria a partir das bases citadas na Tabela 1.

Pela Tabela 8 é possível observar as estimações de acordo com o tipo de inovação, que entram como variáveis explicativas: as colunas 1, 2 e 3 relacionam a inovação de produto (*Inoprod*); as colunas 4, 5 e 6 relacionam a inovação de processo (*Inoproc*); e as colunas 7, 8 e 9 relacionam a inovação de produto e/ou processo (*Inov*).

Pela tabela, todas as variáveis da função de produção básica formada pelo número de pessoal ocupado (*PO*, tamanho), pela intensidade do capital (*K*) e pela intensidade do consumo de matérias-primas (*MP*) apresentaram sinais positivos em seus coeficientes e são estatisticamente significativas (a grande maioria a 1%). Dessa forma, a função de produção tradicional de insumos se ajusta bem ao modelo, mais uma vez evidenciando a questão do tamanho da firma, no qual as maiores empresas possuem, em média, maiores níveis de produtividade do trabalho. Destacam-se também as variáveis *Grupo* e exportação (*Exp*), que se relacionam com a produtividade e que apresentaram impactar mais as indústrias menos intensivas em tecnologia do que as indústrias mais intensivas.

No que se refere às variáveis principais de tipos de inovação, é possível observar que as inovações de produto (*Inoprod*), de processo (*Inoproc*) e produto e/ou processo (*Inov*) impactam positivamente em todas as amostras, porém, só são estatisticamente significativas na amostra total e na amostra de intensidade tecnológica baixa e baixa-média. Dessa forma, os tipos de inovação não parecem impactar as empresas mais intensivas em tecnologia. O fato de a firma pertencer a setores mais intensivos em tecnologia (*Intec*) também não se mostrou determinante para o impacto na produtividade em todas as três amostras totais.

Dessa maneira, a relação entre inovação e produtividade existe de forma geral, mas não se mostra estatisticamente significativa para as empresas de intensidade tecnológica média-alta e alta. Este último aspecto não era esperado, pois, como evidenciado nas estatísticas descritivas das Tabelas 3 e 4, as firmas mais intensivas em tecnologia investiram proporcionalmente mais em inovação do que as firmas menos intensivas, bem como os seus níveis de produtividade foram maiores. Assim, na média, a inovação parece não exercer efeito sobre o desempenho produtivo dessas firmas.

Já o coeficiente da inovação de produto se mostrou maior do que o coeficiente da inovação de processo nos três tipos de amostra, o que evidencia o maior peso da primeira para o impacto no nível de produtividade. Essa evidência demonstra a importância da

inovação de produto sobre a produtividade, que geralmente é ignorada nos modelos neoclássicos que somente visam a inovação de processo como redutora de custo. Logo, a questão da inovação radical de um produto novo no sentido schumpeteriano parece se adequar mais quando se analisa o efeito na produtividade³².

O impacto maior da inovação de produto e menor da inovação de processo sobre a produtividade também é verificado nas evidências empíricas de outros países, como é destacado na análise bibliográfica de Hall (2011). Em países como Alemanha, Espanha e Reino Unido no trabalho de Griffith *et al.* (2006), a relação entre inovação de processo e produtividade nem chega a ser significativa, ocorrendo apenas na França. Para a análise dos países da América Latina essa comparação fica prejudicada, pois tanto em Crespi e Zuñiga (2010) quanto em Raffo *et al.* (2008), a análise é feita apenas com a inovação de produto, que se verifica relacionada com a produtividade em todos os países analisados. Já a questão em níveis de intensidade tecnológica não foi testada nos trabalhos analisados.

A Tabela 9 apresenta uma síntese dos resultados encontrados no que se refere aos impactos das variáveis principais das três etapas do modelo CDM, abordando a amostra total e os dois níveis de intensidade tecnológica: baixa e baixa-média; e média-alta e alta.

Tabela 9 – Síntese dos Resultados Encontrados

Impacto	Recorte Amostral		
	Amostra Total	Intensidade Baixa e Baixa-média	Intensidade Média-alta e Alta
GAI → Inoprod	Positivo e Significativo	Positivo e Significativo	Positivo e Significativo
GAI → Inoproc	Positivo e Significativo	Positivo e Significativo	Positivo e Significativo
GAI → Inov	Positivo e Significativo	Positivo e Significativo	Positivo e Significativo
Inoprod → PT	Positivo e Significativo	Positivo e Significativo	Não Significativo
Inoproc → PT	Positivo e Significativo	Positivo e Significativo	Não Significativo
Inov → PT	Positivo e Significativo	Positivo e Significativo	Não Significativo

Fonte: Elaboração Própria.

De forma geral, a Tabela 9 evidencia que a relação das três principais variáveis do modelo CDM (atividades inovativas, inovação e produtividade) se ajustou bem. Essa relação apenas não é estatisticamente significativa quando analisado o impacto na inovação

³² A relação entre inovação e produtividade em escolas de pensamento econômico distintas é abordada na seção 1.3.

sobre a produtividade das firmas pertencentes a atividades econômicas consideradas de intensidade tecnológica alta e média-alta. Essa constatação não era esperada devido à hipótese de que as firmas mais intensivas em tecnologia estariam mais inseridas no processo inovativo do que as firmas menos intensivas, e com isso se beneficiariam mais com a inovação. O fato de essas firmas estarem menos voltadas para o mercado externo do que as firmas menos intensivas em tecnologia pode explicar isso, mas a falta de mais dados que evidenciarão esse aspecto não esclarece de forma contundente o resultado gerado. A estimação também pode ter sido prejudicada devido à pequena desagregação em dois níveis de intensidade tecnológica, não conseguindo captar a especificidade de algumas atividades econômicas. A comparação desse resultado específico com outros trabalhos empíricos que utilizaram o modelo CDM também não esclarece o problema, já que nenhuma análise setorial ou em níveis de intensidade tecnológica foi conduzida nessas pesquisas.

Por outro lado, o impacto positivo e estatisticamente significativo na amostra total e na amostra das firmas menos intensivas em tecnologia das três variáveis principais da Tabela 9 confirmam a importância da inovação para o desempenho produtivo das empresas. Tanto a inovação de produto quanto a inovação de processo se mostraram positivas e estatisticamente significativas nessas amostras, confirmando a hipótese principal levantada por esta pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relação entre esforço inovativo, inovação e produtividade foi desenvolvida nesse trabalho sob a análise teórica da inovação para contribuir ao debate empírico. Buscou-se o arcabouço teórico da inovação no que se refere aos determinantes das atividades inovativas e da inovação, e dos impactos desta na produtividade. Para isso, foram utilizadas as considerações de Schumpeter, dos desdobramentos feitos pelos neoschumpeterianos e evolucionários, e das considerações da teoria neoclássica a partir do modelo de crescimento de Solow e de seus desdobramentos na nova teoria do crescimento endógeno. Evidencia-se que, apesar de muito diferente em suas concepções, atualmente há um consenso tecnológico das teorias sobre a importância da inovação para o crescimento produtivo industrial.

A fim de compreender o padrão do processo inovativo brasileiro atual, esta pesquisa fez uma análise empírica em nível da firma utilizando a metodologia do modelo CDM para verificar o impacto do esforço inovativo sobre a inovação, e desta sobre a produtividade. Esse foi o objetivo geral do trabalho, no qual evidenciou que a probabilidade de inovar aumenta com um maior nível de investimento em atividades inovativas, e que o nível de produtividade é influenciado positivamente, na média, pela inovação. As duas etapas descritas acontecem de forma geral tanto com a inovação de produto quanto com a inovação de processo.

O trabalho também buscou analisar o processo inovativo brasileiro através de um recorte setorial dividido em dois níveis de intensidade tecnológica: baixa e baixa-média; e média-alta e alta. A constatação foi a de que, na média, firmas que pertencem a atividades econômicas mais intensivas em tecnologia investem mais em atividades inovativas e na inovação, além de apresentarem maiores níveis de produtividade. Contatou-se também que a probabilidade de inovar em produto aumenta quanto maior for o investimento em atividades inovativas para as empresas mais intensivas em tecnologia em comparação com as empresas menos intensivas, enquanto que o caso da inovação de processo acontece o contrário.

Esse resultado evidencia a maior relação da inovação de produto com as firmas de intensidade média-alta e alta, enquanto que as indústrias menos intensivas se voltam mais para as inovações de processo. Já quanto à estimação do impacto da inovação sobre a

produtividade, foi possível verificar, no geral, um impacto maior da inovação de produto do que da inovação de processo. Isso demonstra a força dos novos produtos, que geralmente são ignorados nos modelos neoclássicos ao creditarem a importância da tecnologia apenas como redutora de custos advindos dos novos processos produtivos.

Por outro lado, nenhum tipo de inovação se mostrou relacionar de forma significativa, na média, com a produtividade quando desagregado apenas com as firmas de maior intensidade tecnológica. Esse resultado é surpreendente, já que essa relação existe para as empresas menos intensivas em tecnologia. O fato das firmas de intensidade tecnológica média-alta e alta se voltarem proporcionalmente menos para o mercado internacional do que as firmas de intensidade baixa e baixa-média pode explicar isso. A ausente relação entre inovação e produtividade para essas empresas pode estar relacionada com a baixa competitividade da indústria brasileira no que se refere a padrões tecnológicos mais complexos, já que o resultado dessas inovações aparenta não ser suficientes para uma concorrência externa. Entretanto, a alta agregação dos níveis de intensidade tecnológica pode ter prejudicado a estimação, o que deixa como estímulo para uma futura pesquisa que busque esclarecer esse efeito negativo em uma análise mais desagregada das atividades setoriais.

Outro resultado importante foi a constatação do fator tamanho da firma nas três etapas do modelo e do impacto do *market-share* sobre a decisão da firma de investir em atividades inovativas. Essas relações estão de acordo com as hipóteses schumpeterianas sobre estrutura de mercado e inovação, o que mostra que, na média, as firmas inovadoras são maiores e mais concentradas.

Já as variáveis relacionadas com o sistema nacional de inovação brasileiro também se mostraram significativas para impactar a intensidade do gasto em P&D e em atividades inovativas. Isso decorreu: com o apoio do governo, no qual firmas que participaram de programas governamentais voltados para a inovação se esforçaram mais para inovar; com a qualidade da mão-de-obra, no qual firmas que possuíam trabalhadores qualificados em seus departamentos de P&D investiram mais em atividades inovativas; e com o arranjo cooperativo e com as fontes de informação, no qual firmas que cooperaram e atribuíram importâncias altas ou médias para as fontes externas e internas investiram mais no processo inovativo.

Neste último caso, as fontes de informação com centros educacionais e de pesquisa se mostraram significativas para a intensidade do gasto em atividades inovativas, enquanto as fontes de pesquisa com a cadeia produtiva e com os concorrentes se mostraram significativas com a inovação propriamente dita. Isso mostra a importância das universidades e da ciência para o impulso em projetos de inovação, enquanto as fontes vindas da cadeia produtiva (clientes, fornecedores, da própria empresa e dos concorrentes) são importantes para o desenvolvimento e a implementação da inovação final, mostrando a especificação dos tipos de fontes de informação com a trajetória tecnológica da inovação.

Por fim, apesar da constatação de que poucas empresas do Brasil inovam e investem em inovação (principalmente no que se refere ao investimento direto em P&D), a relação entre inovação e produtividade, de forma geral, ocorre, bem como os mecanismos envolvidos nos sistemas nacionais de inovação parecem impactar essa relação. Esses resultados são bastante parecidos com as evidências empíricas dos países europeus desenvolvidos, que também evidenciaram o maior peso da inovação de produto em relação à inovação de processo. Já em comparação com as evidências dos países em desenvolvimento da América Latina, os resultados são superiores quando analisados os impactos das redes de aprendizagem e do apoio do governo, que, como visto, se mostrou significativas na amostra brasileira, enquanto duvidosa nos países vizinhos.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVITZ, M. Resources and output trends in the United States since 1870. **American Economic Review, Paper and Proceedings**, 1956.

ALBUQUERQUE, E. M.; Catching up no século XXI: Construção combinada de sistemas de inovação e de bem-estar social. In: SICSÚ, J.; MIRANDA, P. **Crescimento Econômico: Estratégias e Instituições**. Brasília: IPEA, pp. 55-83, 2009.

ARROW, K. J. Economic welfare and the allocation of resources for invention. In: National Bureau of Economic Research. **The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors**. Princeton: Princeton University Press, 1962a.

ARROW, K. J. The implications of learning by doing. **Review of Economic Studies**, v. 29, p. 155-173, 1962b.

BAUM, C. F. **An Introduction to Modern Econometrics Using Stata**. Texas: Stata Press, 2006.

BENAVENTE, J. M. The role of research and innovation in promoting productivity in Chile. **Economics of Innovation and New Technology**, v. 15, p. 301-315, 2006.

BRESCHI, S.; MALERBA, F. Sectoral innovation systems: technological regimes, Schumpeterian dynamics, and spacial boundaries. In: EDQUIST, C. **Systems of innovation: technologies, institutions, and organizations**. London: Pinter, 1997.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics Using Stata**. Texas: Stata Press, 2009.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics: Methods and Applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Innovation and learning: the two faces of R&D. **The Economic Journal**, v. 99, n. 397, p. 569-596, 1989.

COOMBS, R.; SAVIOTTI, P.; WALSH, V. **Economics and technological change**. London: Macmillan, 1987.

CRÉPON B.; DUGUET E.; MAIRESSE J. Research, innovation and productivity: an econometric analysis at the firm level. **Economics of innovation and new technology**, v. 7, n. 2, p. 115-158, 1998.

CRESPI, G.; ZUÑIGA, P. Innovation and Productivity: evidence from six Latin American countries. **IDB Working Paper Series**, Inter-American Development Bank, n. IDB-WP-218, 2010.

DAVIES, S. Technical change, productivity and market structure. In: DAVIES, S; LYONS, B. **Economics of industrial organization**. London: Longman, 1991.

DE NEGRI, J.; ESTEVES, L.; FREITAS, F. Produção de conhecimento da firma no Brasil. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 26, 2008.

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

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

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

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

EDQUIST, C. System of innovation: perspective and challenges. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D. G.; NELSON R. R. **The oxford handbook of innovation**. Oxford: Oxford University Press, 2005.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. Campinas: Editora Unicamp, 2008.

FREEMAN, C. The national system of innovation in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, Cambridge, v. 19, p 5-24, 1995.

GRIFFITH, R.; HUERGO, E.; MAIRESSE, J.; PETERS, B. Innovation and productivity across four European countries. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 22, n. 4, p. 483-498, 2006.

GRILICHES, Z. The discovery of the residual: A historical note. **Journal of Economic Literature**, v. 34(3), p. 1324-1330, 1996.

GRILICHES, Z. Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth. **Bell Journal of Economics**, v. 10, n. 1, p. 92-116, 1979.

HALL, B. H. Innovation and productivity. **NBER Working Paper Series**, n. 17178, 2011.

HALL, B. H.; MAIRESSE, J. Empirical studies of innovation in the knowledge driven economy, **NBER Working Paper Series**, n. 12320, 2006.

HALL, B. H.; LOTTI, F.; MAIRESSE, J. R&D, innovation, and productivity: new evidence from Italian manufacturing microdata, **Industrial and Corporate Change**, v. 17, p. 813-839, 2008.

HASENCLEVER, L.; FERREIRA, R. Estrutura de mercado e inovação. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

HASENCLEVER, L.; TORRES, R. O modelo estrutura, conduta, desempenho e seus desdobramentos. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

HECKMAN, J. J. Sample selection bias as a specification error. **Econometrica**, v. 47, n. 1, p. 153-161, 1979.

HIGH-TECHNOLOGY and knowledge based services aggregations based on NACE Rev. 2. Luxembourg: Statistical Office of the European Communities - Eurostat, 2009. Disponível em: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_SDDS/Annexes/htec_esms_an3.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2013.

JANZ, N.; LÖÖF, H.; PETRS, B. Firm Level Innovation and Productivity – Is there a Common Story Across Countries? Mannheim, Germany: **ZEW Discussion Paper**, No. p. 03-26, 2003.

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

LALL, S. The technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985-1998. **QEH Working Paper Series**, n. 44, 2000.

LEMOES, C. Inovação na Era do Conhecimento. In: LASTRES, H.; ALBAGLI, S. **Informação e Globalização na Era do Conhecimento**. Rio de Janeiro: Campus, 1999. Cap. 5, p. 124-143.

LEVIN *et al.* **Survey Research on R&D Appropriability and Technological Opportunity. Part I: Appropriability**. New Haven: Yale University Press, 1984.

LÖÖF, H.; HESHMATI, A. On the relationship between innovation and performance: A sensitivity analysis, **Economics of Innovation and New Technology**, v. 15, p. 317-344, 2006.

LÖÖF, H.; HESHMATI, A.; ASPLUND, R.; NASS, S.-O. Innovation and Performance in Manufacturing Industries: A Comparison of Nordic Countries. Stockholm, Sweden: **SSE/EFI Working Paper Series in Economics and Finance**, n. 457, 2001.

LUNDVALL, B. *et al.* Absorptive capacity, forms of knowledge and economic development. In: Globelics International Conference, 2º, 2004, Pequim. **Conference Papers**. [S.1.: S.n], 2004.

LUNDEVALL, B. **National Systems of Innovation**: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. Londres: Pinter, 1992.

MAIRESSE, J.; ROBIN, S. The importance of process and product innovation for productivity in French manufacturing and services industries. In: ANDERSON, M.; JOHANSSON, B.; KARLSSON, C.; LÖÖF, H. **Innovation & Growth: from R&D strategies of innovation firms to economy-wide technological change**. Oxford: Oxford University Press, 2012.

MAIRESSE, J.; MOHNEN, P. **R&D and Productivity**: A Reexamination in Light of the Innovation Surveys. DRUID Summer Conference, Copenhagen, 2003.

MAIRESSE, J.; SASSENOU, M. R&D and productivity: a survey of econometric studies at the firm level. **NBER Working Paper**, n. 3666, 1991.

MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Technological regimes and firm behavior. In: DOSI, G.; MALERBA, F. **Organization and strategy in the evolution of the enterprise**. London: Macmillan, 1996.

MASSO, J.; VAHTER, P. Technological innovation and productivity in late-transition Estonia: econometric evidence from innovation surveys, **European Journal of Development Research**, v. 20, p. 240-261, 2008.

MOWERY, D. C.; ROSENBERG, N. Mudança técnica na indústria de aeronaves comerciais, 1925-1975. In: **Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia**. Campinas: Editora Unicamp, p. 245-266, 2006.

NELSON, R. **National Innovation Systems**: a comparative analysis. Nova York: Oxford University, 1993.

NELSON, R. How new is new growth theory. **Challenge**, v. 40, n. 5, p. 29-58, 1997.

NELSON, R. **As fontes do crescimento econômico**. Campinas: Editora Unicamp, 2006.

NELSON, R.; ROMER, P. M. Science, economic growth, and public policy. **Challenge**, v. 39 (2), Mar.-Apr., p. 9-21, 1996.

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

NELSON, R.; WINTER, S. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica**. Campinas: Editora Unicamp, 2005.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **Oslo manual: guidelines for collecting and interpreting innovation data**. Paris: OCDE, 2005.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **OECD Science, technology and industry scoreboard**. Paris, OCDE, 2013.

PAVITT, K. Sectorial Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory. **Research Policy**, v. 13, n. 6, p. 343-373, 1984.

PENROSE, E. **A teoria do crescimento da firma**. Campinas: Editora Unicamp, 2006.

PIA. **Pesquisa Industrial Empresa 2008**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, v. 27, n. 1, Rio de Janeiro, 2008.

PINTEC. **Pesquisa de Inovação Tecnológica 2008**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2010.

POLDER, M.; VAN-LEEUEWEN, G.; MOHNEN, P.; RAYMOND, W. Productivity effects of innovation modes. **The Hague**: Statistics Netherlands Discussion Paper No. 09033, 2009.

POWELL, W. W.; GRODAL, S. Networks of innovators. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D. G.; NELSON R. R. **The oxford handbook of innovation**. Oxford: Oxford University Press, 2005.

RAFFO, J.; LHUILLERY, S.; MIOTTI, L. Northern and southern innovativity: a comparison across European and Latin American countries. **The European Journal of Development Research**, Basingstoke, v. 20, n. 2, p. 219-239, 2008.

ROMER, P. M. Endogenous technological change. **Journal of Political Economy**, v. 98, nº 5, p. 71-102, 1990.

ROMER, P. M. The origins of endogenous growth. **Journal of Economic Perspectives**, v. 8, nº 1, p. 3-22, 1994.

ROSENBERG, N. A historiografia do progresso técnico. In: ROSENBERG, N. **Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia**. Campinas: Editora Unicamp, p.17-65, 2006.

SARTORI, A. An estimator for some binary-outcome selection models without exclusion restrictions. **Political Analysis**, v. 11, p. 111-138, 2003.

SCHERER, F. M. **Innovation and growth: schumpeterian perspective**. London: Massachusetts Institute of technology, 1986.

SCHMOOKLER, J. **Invention and economic growth**. Harvard: Harvard University Press, 1966.

SCHUMPETER, J. A. **A Teoria do Desenvolvimento Econômico**: Uma investigação sobre Lucros, Capital, Crédito, Juro e o Ciclo Econômico. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Rio de Janeiro: Zahar, 1984.

SILVA, A. M. Impactos da geração e absorção de conhecimento na produtividade da firma. **Revista de Economia Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 467-487, 2009.

SILVA, J. P. da. **Reduzindo os elos da cadeia: o constructo da política brasileira de inovação na era do consenso tecnológico**. 2012. 282 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SOLOW, R. M. The neoclassical theory of growth and distribution. **BNL Quarterly Review**. v. 53(215), p. 349-381, 2000.

SOLOW, R. M. Technical change and the aggregate production function. **The Review of Economics and Statistics**. v. 39, n. 3, p. 312-320, 1957.

STATA. **Stata base reference manual: realease 12**. College Station: Stata Press Publication, 2011.

STEINGRABER, R. **Inovação e produtividade: o papel dos sistemas de inovação para a indústria brasileira**. 2009. 217 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

WOOLDRIDGE, J. **Econometric analysis of cross section and panel data**. Cambridge: MIT Press, 2002.