

P&D, INOVAÇÃO E PRODUTIVIDADE: EVIDÊNCIAS PARA EMPRESAS INDUSTRIAIS BRASILEIRAS

Felipe Queiroz Silva¹
Ana Paula Macedo de Avellar²

Resumo

O objetivo deste artigo é analisar o impacto do investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) sobre a inovação, e desta sobre a produtividade do trabalho das empresas industriais brasileiras. Trata-se de uma análise em nível da firma que utiliza dados da Pesquisa de Inovação (PINTEC), elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no período de 2009 a 2011. A análise é feita através do método econométrico CDM (CRÉPON *et al.*, 1998). Entre outras evidências, os resultados encontrados mostraram que a probabilidade de inovar, seja em produto ou processo, aumenta com um maior nível de investimento em P&D, e que o nível de produtividade é influenciado positivamente, na média, pela inovação de produto, mas influenciado negativamente pela inovação de processo. Variações na forma de mensuração da variável de inovação mostraram que o impacto da inovação de processo sobre a produtividade passa a ser positivo e estatisticamente significativo quando isolado do efeito da inovação de produto.

Palavras-chave: P&D, Inovação, Produtividade, Indústria Brasileira.

Abstract

The aim of this paper is to analyze the impact of the investment of Research and Development (R&D) on innovation, and this on the labor productivity of Brazilian industrial firms. This is a firm level analysis using data from the Innovation Survey (PINTEC), developed by Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), in the period from 2009 to 2011. The analyze is done using the econometric CDM model (CRÉPON *et al.*, 1998). Among other evidence, it was found that the probability to innovate increases with a higher level of investment in R&D and that the level of productivity is positively affect by product innovation, but negatively influenced by the process innovation. Variations in the way of mensuration the innovation variable showed that the impact of process innovation on productivity becomes positive and statistically significant when isolated from product innovation effect.

Keywords: R&D, Innovation, Productivity, Brazilian Industry.

JEL: L25; L60; O31; O33.

Área 9: Economia Industrial e da Tecnologia

¹ Doutorando em Economia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. E-mail: felipe.silva@ppge.ie.ufrj.br.

² Professora Doutora do Instituto de Economia da Universidade Federal de Uberlândia. Pesquisadora CNPq e FAPEMIG. E-mail: anaavellar@ie.ufu.br.

1. Introdução

A importância da inovação e do progresso técnico no desempenho das empresas e da economia ainda é motivo de debate teórico e de constantes aplicações empíricas. Essa preocupação se torna ainda maior quando se busca o efeito da inovação sobre a produtividade. Os primeiros trabalhos que buscaram prever as fontes do crescimento da produtividade revelaram que menos da metade desse crescimento era representado pelo aumento dos insumos capital e trabalho. O resíduo, na maioria das vezes, foi atribuído ao progresso técnico, influenciando uma vasta literatura na busca por medidas para quantificar essas mudanças tecnológicas na tentativa de explicar o crescimento residual da produtividade (GRILICHES, 1996).

A relação entre inovação e produtividade na teoria, muitas vezes, é considerada tautológica e dispensa maiores considerações. 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 produtividade. A dificuldade está em definir como esse processo ocorre. A percepção empírica dessa relação é de difícil análise, pois não só é complexo identificar os determinantes da inovação, que também envolvem fatores intangíveis, como também é difícil levantar uma relação de causalidade entre inovação e produtividade. Muitos trabalhos empíricos sobre o tema sofrem de sérios problemas de robustez por não resolverem o problema da relação causal endógena da seguinte pergunta: são as empresas inovadoras que possuem maiores níveis de produtividade ou são as firmas mais produtivas que inovam?

A aplicação de exercícios empíricos que analisam esse processo inovativo das empresas vem se ampliando dada a disponibilidade de *surveys* de inovação com base no Manual de Oslo (OCDE, 2005). Vários autores têm buscado estabelecer relações de causalidade entre inovação e desempenho produtivo com uso de modelos econométricos mais robustos. Dentre esses modelos, destaca-se o de Crépon *et al.* (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 (investir em P&D), depois relaciona este esforço com a efetiva inovação, e esta com a produtividade. O modelo CDM e suas variações vêm sendo os mais abordados e consagrados na literatura empírica sobre o tema, pois levam em consideração justamente os problemas ressaltados no parágrafo anterior a partir de técnicas de seleção e de uso de variáveis instrumentais.

Nesse contexto, o objetivo deste artigo é analisar o impacto do esforço inovativo sobre a inovação, e desta sobre a produtividade das empresas industriais brasileiras através das estimações propostas pelo modelo CDM. Para dar maior nitidez a esse objetivo é possível traduzi-lo em duas perguntas: *i)* O investimento em P&D impacta de forma positiva na introdução de inovações (inovação de produto e/ou inovação de processo)?; e *ii)* A introdução de inovações (produto e/ou processo) impacta positivamente na produtividade da empresa?

Busca-se não só uma análise das três variáveis principais do modelo (P&D, inovação e produtividade), como também de variáveis importantes evidentes em um processo inovativo inerentemente complexo, como a importância do financiamento público, da cooperação entre empresas e das fontes de informação para a inovação, bem como uma comparação com evidências empíricas de outros estudos sobre o tema. Para isso, foram utilizados os dados da última Pesquisa de Inovação (PINTEC), elaborada pelo IBGE, abrangendo os anos de 2009 a 2011.

O trabalho visa contribuir para o debate empírico sobre o tema ao utilizar um banco de dados mais recente e uma técnica de estimação consagrada e replicada em vários países desenvolvidos, mas com poucas aplicações para países em desenvolvimento e com nenhuma aplicação para um período mais recente no Brasil. Dessa maneira, busca-se não somente evitar os problemas de causalidade comuns da relação entre P&D, inovação e produtividade como também identificar, através de comparações com

outros estudos, as diferenças do processo inovativo das empresas industriais brasileiras com outras empresas de países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Incluindo essa introdução, o trabalho está organizado em sete seções. A segunda seção apresenta o referencial teórico quanto aos determinantes da inovação para justificar teoricamente as variáveis utilizadas nos modelos econométricos. A terceira seção mostra os resultados empíricos de outros trabalhos sobre o tema, enfatizando as diferenças encontradas nas análises de empresas de países desenvolvidos e de países em desenvolvimento. A quarta seção apresenta a construção empírica metodológica sobre o efeito causal entre inovação e produtividade, destacando o modelo CDM. A quinta seção descreve os procedimentos metodológicos da pesquisa, evidenciando a base de dados, a construção das variáveis e as especificações dos modelos utilizados. Na sexta seção apresentam-se os resultados encontrados através das estatísticas descritivas e das estimações econométricas, bem como uma comparação com as evidências empíricas de outros estudos. Por fim, a sétima seção sintetiza as considerações finais.

2. Determinantes da Inovação

Antes de analisar a relação empírica entre inovação e produtividade, é imprescindível levantar o debate teórico sobre os determinantes da inovação. Sendo o processo inovativo dentro da firma algo complexo, essa seção busca levantar conceitos e definições utilizados na literatura para servir de insumo para a análise de algumas variáveis possíveis a serem testadas nos modelos econométricos empíricos. Essa seção não busca ser exaustiva sobre os determinantes da inovação, servindo apenas como *background* sobre o que se tem levantado na literatura, já que muitos trabalhos empíricos sobre o tema buscam o teste estatístico de algumas variáveis sem o aparato teórico explicitado.

O primeiro debate econômico sobre os determinantes da inovação seguiu duas abordagens básicas distintas: as teorias da indução pela demanda (*demand-pull*)³ e as teorias do impulso pela tecnologia (*technology-push*). As primeiras indicavam que as forças de mercado são os principais determinantes da mudança técnica, enquanto que as segundas definiam a tecnologia como fator autônomo induzido pela ciência (DOSI, 2006). O debate *demand-pull* e *technology-push* perdeu força na medida em que os autores percebiam a complexidade do processo inovativo, não havendo uma determinação exógena única, mas um conjunto de fatores que iriam além da demanda de mercado e do avanço da ciência. Esse complexo arranjo de determinantes podem ser delimitados entre fatores externos e internos da inovação. Os fatores externos estão relacionados com a estrutura de mercado e as características setoriais e nacionais, enquanto os fatores internos abrangem os elementos da firma no que se refere à estratégia, capacitação e aprendizagem.

Dentre os determinantes externos da inovação, a estrutura de mercado normalmente está associada às 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

³ A hipótese da *demand-pull* é associada na literatura por Schmookler (1966), no qual o autor mostrava evidências através de estudos empíricos 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.

podem explorar novas possibilidades técnicas de forma mais profunda do que firmas com bases estritas de produtos.

Outros fatores externos determinantes para o processo inovativo são as características setoriais e nacionais. As características setoriais delimitam os aspectos intrínsecos do setor de atividade de uma empresa, nos quais as inovações se mostram sensíveis a determinados ramos industriais, principalmente os mais intensivos em tecnologia. Estar inserido em um tipo de atividade econômica está diretamente relacionado com o perfil produtivo e o grau inovativo de uma empresa, o que vem gerando uma série de estudos que buscam classificar grupos industriais quanto ao seu padrão tecnológico⁴.

Já as características nacionais estão diretamente relacionadas com a abordagem dos sistemas nacionais de inovação (SNI). De forma geral, o termo SNI 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 ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia e à efetiva exploração de ambas. Estando esse desenvolvimento ligado às inovações, o ambiente nacional pode ter uma considerável influência para estimular e facilitar as atividades inovativas por partes das firmas. Essas questões criam um debate a cerca das políticas públicas voltadas para a inovação. 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.

Os determinantes externos da inovação apresentados são importantes para estabelecer os padrões do processo inovativo de uma firma, que leva em consideração o seu ambiente competitivo. Porém, 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 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.

Essa visão baseada em recursos delimita as estratégias e tomadas de decisão da firma. Numa decisão sobre o montante de investimento em P&D, por exemplo, Nelson e Winter (2005) destaca uma série de regras 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 quanto aos fatores que dizem respeito à oferta ou ao custo dessas atividades.

Numa abordagem evolucionária, formalmente proposta por Nelson e Winter (2005), o processo de mudança tecnológica 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 como o principal mecanismo de esforço inovativo capaz de gerar conhecimento relacionado à tecnologia. Essa relação se

⁴ Entre essas classificações, encontra-se pioneiramente a do Pavitt (1984), que definiu quatro grandes grupos de setores manufatureiros a partir dos seus padrões de inovação.

desenvolve pelo fato dessas atividades serem apontadas como o meio mais formal de aprendizado e mudança técnica, ocorrendo na fronteira do conhecimento tecnológico.

Outros esforços de aprendizagem frequentemente mencionados na literatura sobre capacidade tecnológica geralmente são definidas em classificações como: *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; e *learning-by-interacting*, que é o aprendizado adquirido através da interação com fontes externas, como fornecedores, clientes, consultores, concorrentes, universidades, centros de pesquisa e governo. 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).

Assim, as características internas da firma, que envolve suas estratégias, capacidades, formas de conhecimento e aprendizagem, se juntam às suas características externas do ambiente competitivo como um complexo arranjo de fatores que determinam o seu processo inovativo e o consequente ganho de produtividade. A seção seguinte apresenta algumas relações dessas características mencionadas em evidências empíricas de outros estudos.

3. Evidências Empíricas

A análise empírica da relação causal entre inovação e produtividade tem como principal precursor os trabalhos de Zvi Griliches, nos quais são centrados numa abordagem econométrica de estimação da função de produção da firma. Em um artigo seminal, Griliches (1976) faz uma análise de alguns trabalhos sobre o tema e delimita as bases metodológicas para a sua abordagem, que influenciou a maioria dos estudos posteriores. O autor criou o conceito de estoque de conhecimento da firma, que assim como os fatores de capital e trabalho da função do tipo Cobb-Douglas, entraria como um *input* de produção. Esse fator de estoque de conhecimento tinha como variável *proxy* principal o investimento em P&D da firma. Dessa forma, Griliches (1976) buscava se afastar das análises de estudos de caso com a finalidade de se concentrar numa abordagem mais geral do impacto da P&D sobre a produtividade.

Mais recentemente, com a maior disponibilidade de microdados a partir de *surveys* de inovação por parte de institutos de pesquisa com base no Manual de Oslo (OCDE, 2005), cresceu bastante o número de estudos que aplicassem os conceitos de Griliches (1976) de forma mais aprofundada. O modelo mais citado e replicado em outros trabalhos é o do Crépon *et al.* (1998). As implicações dos autores ficaram conhecidas na literatura como Modelo CDM e possuem a principal característica de inserir a hipótese de que a inovação propriamente dita é um processo intermediário entre a decisão e a intensidade de se investir em P&D e o resultado da produtividade, além da busca de um modelo econométrico mais robusto⁵.

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 *et al.* (1998). Estes testaram um banco de dados de empresas francesas e encontraram um efeito causal positivo entre P&D, inovação e produtividade. Hall

⁵ O modelo CDM é apresentada em detalhes na seção 4.

(2011) destaca, porém, que a maioria dos trabalhos apresenta relação positiva na inovação de produto sobre a produtividade, enquanto a relação entre inovação de processo e produtividade é mais ambígua e geralmente não ocorre.

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 P&D, inovação e produtividade.

Outros trabalhos como Lööf *et al.* (2001), para empresas da Finlândia e Noruega, Janz *et al.* (2003), para empresas da Alemanha e da Suécia, Lööf e Heshmati (2006), para empresas da Suécia, Hall, Lotti e Mairesse (2008) para pequenas e médias empresas da Itália, e Mairesse e Robin (2012), para empresas da França, também encontram resultados parecidos. Dessa forma, é possível perceber, ainda que estes estudos sejam recentes, que há evidências de uma relação positiva entre inovação e produtividade (principalmente de produto).

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 *et al.* (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 (2012) testa o modelo CDM em amostras de empresas de seis países da América Latina (Argentina, Chile, Colômbia, Costa Rica, Panamá e Uruguai). 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 P&D 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 de P&D. 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 gasto em P&D 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.

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 P&D, inovação e produtividade é 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.

4. Metodologia

Como destacado na seção anterior, a análise econométrica da relação entre inovação e produtividade ganhou destaque com os trabalhos de Zvi Griliches, principalmente na concepção do autor de abranger o investimento em P&D como um estoque de conhecimento da firma (GRILICHES, 1979). 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 trabalho. 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 que ocorrem somente após certa distância temporal. Alguns desses problemas também foram levantados pelo próprio Griliches (1976), mas a dificuldade de mensuração e disponibilidade de dados na época influenciou a busca por estudos que relacionava diretamente o investimento em P&D com a produtividade.

Para resolver essa questão, Crépon *et al.* (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 e, por sua vez, a produtividade. Logo, os autores elaboraram um modelo em três estágios, no qual se avalia o impacto de algumas variáveis sobre o investimento em P&D, depois o impacto desse investimento 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.

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 inovam. O modelo também permite certa flexibilidade quanto à forma de estimação e o uso de variáveis explicativas, sendo, no geral, estabelecido o critério dos três estágios. Para este trabalho, utilizou-se o método abordado por Griffith *et al.* (2006), que primeiramente evidencia o grau de esforço inovativo da firma pela seguinte equação:

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

Onde EI_i^* é a variável dependente latente de Esforço Inovativo, X_{1i} são os vetores de variáveis explicativas, β_1 é o vetor dos parâmetros e e_i é o termo de erro. O valor de EI_i^* poderia ser assumido de forma direta como o valor do investimento em P&D, porém, apenas as firmas que reportaram esse tipo de investimento poderiam ser estimadas diretamente pela equação (1). Dessa forma, essa estimação direta

claramente apresenta viés de seleção, já que apenas firmas inovadoras seriam selecionadas para a análise. Para evitar este viés, a estimação é feita através da equação de seleção a seguir, que busca relacionar a decisão da firma de fazer ou não fazer atividades de P&D:

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

Onde DI_i é uma variável binária endógena de Decisão de Inovação, que assume valor zero para as empresas que não investem em P&D 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 P&D se estiver acima de um certo limiar de nível c , e onde X_{2i} é um vetor de variáveis que explicam a decisão desse investimento a um dado parâmetro β_{2i} e termo de erro ε_i . Condicionada a firma i a se engajar em P&D, pode-se observar a intensidade 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 $\rho_{e\varepsilon}$, o sistema de equações (2) e (3) é um Tobit generalizado estimado por máxima verossimilhança, também conhecido na literatura como modelo de seleção de Heckman (1979). 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 eficiente se e_i e ε_i realmente possuírem distribuição normal bivariada.

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 investir em P&D, mas que não afetaria a intensidade desse investimento.

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:

$$I_i = EI_i'\gamma_i + X_{3i}\beta_3 + u_i \quad (4)$$

Onde I_i é a variável de Inovação, mensurada como inovação de produto ou inovação de 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 ou processo) será a variável dependente de um modelo, totalizando duas equações de inovação. EI_i' é a variável de Esforço Inovativo (P&D) 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.

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 (4) 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).

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:

$$Produt_i = I_i' \delta_i + \beta_4 X_{4i} + v_i \quad (5)$$

Onde $Produt_i$ 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 (4), 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 (4), que serve como instrumento para a equação (5).

5. Base de Dados e Construção das Variáveis

Essa seção busca esclarecer e detalhar os dados utilizados, a construção das variáveis e a especificação dos modelos econométricos com base nas considerações teóricas da segunda seção e dos aspectos metodológicos da seção anterior.

5.1. Dados

Para a implementação dos modelos vistos na seção anterior foram utilizados os dados da última publicação da Pesquisa de Inovação (PINTEC 2011), referente ao triênio 2009-2011, realizado pelo IBGE. Deve-se chamar atenção que enquanto os dados referentes à inovação são levados em consideração um período de três anos, os dados financeiros e contábeis levam em consideração o último ano de cada período, formando uma amostra para o ano de 2011. As variáveis extraídas dessas fontes podem ser vistas de forma sistemática na Tabela 1, nas quais estão organizadas em cinco grupos: P&D 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.

Tabela 1 – Síntese das Variáveis Utilizadas

Códigos	Variáveis	Descrição
P&D e Inovação		
P&D Contínuo	P&D Contínuo	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma tenha realizado investimentos de P&D (interno ou aquisição externa) de forma contínua durante o período.
P&D	Investimento em P&D por trabalhador	Valor do investimento total em P&D por número de empregados no ano (em Reais), para firmas que realizaram P&D contínuo.
Inov	Inovação	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma tenha realizado inovação de produto e/ou processo durante o período.
Inoprod	Inovação de Produto	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma tenha realizado inovação de produto durante o período.
Inoproc	Inovação de Processo	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma tenha realizado inovação de processo durante o período.
Fatores de Produção e Variáveis de Resultado		
PO	Pessoal Ocupado	Número de Trabalhadores no ano. Capta o tamanho da empresa.
K	Valor do Capital por trabalhador	Valor do capital físico por trabalhador no ano (em Reais).

(Continuação Tabela 1)

MP	Consumo de Matérias-primas por trabalhador	Valor do consumo de matérias-primas por trabalhador no ano (em Reais).
RLV	Receita Líquida de Vendas	Valor da Receita Líquida de Vendas no ano (em Reais).
VTI	Valor da Transformação Industrial	Valor da Transformação Industrial no ano (em Reais).
Produção	Produtividade do Trabalho	Razão entre o valor da transformação industrial (VTI) e o número de pessoal ocupado (PO) (em Reais).
Ambiente Organizacional e Concorrencial		
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 três dígitos da Classificação Nacional de Atividade Econômica 2.0 (CNAE 2.0).
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.
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).
Inserção Internacional		
Capest	Capital Estrangeiro	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a origem do capital controlador da firma é estrangeiro ou misto.
Compet	Competitividade Internacional	Variável Binária, que recebe valor unitário caso o principal mercado da firma seja estrangeiro.
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 no período.
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 no período.
Infpesq	Fonte de Informação com Centros 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 no período.
Coop	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 no período.
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 no período.
Gov	Apoio do Governo	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma utilize algum programa de apoio do governo (incentivos fiscais, financiamentos a projetos de P&D, subvenção econômica) para as atividades inovativas no período.

Fonte: Elaboração própria.

5.2. Especificação dos Modelos

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

A) Equações de P&D (Tobit generalizado)

A1) Equação de seleção

$$X_i = \delta_{0i} + \delta_{1i}(\ln)PO_i + \delta_{2i}(\ln)Mkt_i + \delta_{3i}Capest_i + \delta_{4i}Compet_i + \delta_{5i}Pform_i + \delta_{6i}Pest + \delta_{7i}CNAE_i + \delta_{8i}Região_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

A2) Equação de intensidade

$$(\ln)P\&D_i = \beta_{0i} + \beta_{1i}(\ln)Mkt_i + \beta_{2i}Quali_i + \beta_{3i}Capest_i + \beta_{4i}Compet_i + \beta_{5i}Pform_i + \beta_{6i}Pest_i + \beta_{7i}Gov_i + \beta_{8i}Coop_i + \beta_{9i}Infcad_i + \beta_{10i}Infconc_i + \beta_{11i}Infpesq_i + \beta_{12i}CNAE_i + \beta_{13i}Região_i + e_i \quad (7)$$

Onde os δ_i 's e o ε_i são, respectivamente, os parâmetros e o termo de erro da equação (6) de seleção, enquanto os β_i 's e o e_i são, respectivamente, os parâmetros e o termo de erro da equação (7) de intensidade (resultado). As variáveis estão representadas pelos seus códigos descritos na Tabela 1. A variável X_i na equação (6) de seleção é uma variável latente de “decisão de inovar” dependente da equação de intensidade. Variáveis contínuas estão em logaritmo, caracterizado com o \ln antes do código nas equações.

A inserção ou não de variáveis explicativas nas equações de seleção e de intensidade 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 (qualidade da mão-de-obra, arranjo cooperativo, apoio do governo e os três tipos de fonte de informação) somente são observadas para aquelas empresas que inovam, o que obriga o direcionamento dessas para a equação de intensidade. Já a variável de tamanho da firma comumente é utilizada na literatura empírica somente na equação de seleção, no intuito de testar a influência da estrutura de mercado sobre a decisão de inovar.

Dentre os fatores representados na equação de seleção, as variáveis de tamanho e *market-share* envolvem as hipóteses schumpeterianas de que as maiores firmas e os mercados mais concentrados decidem investir mais em inovação, já que possuem vantagens para isso. A questão da apropriabilidade (formal e estratégica) 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. Há também as variáveis de inserção internacional (capital estrangeiro e 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 P&D devido à concorrência internacional.

Com relação às variáveis que impactam a intensidade do investimento em P&D, 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 investimento 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.

Por fim, são utilizadas em ambas as equações as *dummies* de controle do setor de atividade econômica e a localização geográfica à qual a firma pertence.

B) Equação de Inovação (Probit)

$$I_i = \theta_{0i} + \theta_{1i}(\ln)P\&D'_i + \theta_{2i}(\ln)PO_i + \theta_{3i}Coop_i + \theta_{5i}Infcad_i + \theta_{6i}Infconc_i + \theta_{7i}Infpesq_i + \theta_{8i}CNAE_i + \theta_{9i}Região_i + u_i \quad (8)$$

Onde I_i pode ser inovação de produto ($Inoprod_i$) ou inovação de processo ($Inoproc_i$), gerando duas 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 $P\&D'_i$ 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)

$$(\ln)Produt_i = \varphi_{0i} + \varphi_{1i}I'_i + \varphi_{2i}(\ln)PO_i + \varphi_{3i}(\ln)K_i + \varphi_{4i}(\ln)MP_i + \varphi_{9i}CNAE_i + \varphi_{10i}Região_i + v_i \quad (9)$$

Onde I'_i é o valor previsto da etapa anterior e pode ser inovação de produto ($Inoprod_i$) e/ou inovação de processo ($Inoproc_i$). 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. Por fim, há as *dummies* de controle regionais e de atividade econômica.

6. Resultados

Dado o referencial teórico, a metodologia proposta e a construção da base de dados, o trabalho empírico se apresenta 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. Já a segunda parte tem como objetivo compreender o processo inovativo e seu impacto no desempenho produtivo por meio das estimações econométricas. Essas estimações seguem o modelo CDM em três estágios destacados na terceira seção e especificados na seção anterior. Busca-se também uma análise comparativa com os resultados das evidências empíricas de outros estudos internacionais sobre o tema.

6.1. 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 2011, enquanto as variáveis binárias são referentes ao triênio 2009-2011. Nesse contexto, a Tabela 2 mostra as estatísticas descritivas das variáveis binárias.

Tabela 2 – Estatística Descritiva: Variáveis Binárias (%)

Variáveis Binárias	2009-2011
P&D Contínuo	16,73
Inovação	47,47
Inovação de Produto	28,64
Inovação de Processo	41,41
Capital Estrangeiro	10,33
Competitividade Internacional	5,17
Qualidade da Mão-de-Obra	15,68
Apoio do Governo	20,14
Arranjo Cooperativo	13,55

(Continuação Tabela 2)

Fonte de Informação com a Cadeia Produtiva	49,53
Fonte de Informação com Concorrentes	26,4
Fonte de Informação com Centros de Pesquisa	26,78
Região Norte	3,9
Região Nordeste	9,53
Região Sul	29,9
Região Sudeste	52,31
Região Centro-Oeste	4,33
Pessoal Ocupado (10 a 99)	45,08
Pessoal Ocupado (100 a 499)	41,14
Pessoal Ocupado (500 ou mais)	13,77
Observações	11159

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

Pela Tabela 2 é possível perceber que menos da metade das empresas brasileiras inovam e uma faixa muito pequena investe em pesquisa e desenvolvimento de forma contínua (16,73%). Dentre os tipos de inovação, predomina-se a de processo, representado por pouco mais de 40% das firmas, enquanto que um pouco mais de 28% inovam em produto. As firmas brasileiras são muito pouco inseridas internacionalmente, no qual apenas cerca de 5% possuem o mercado externo como o principal destino, enquanto 10% possuem capital estrangeiro. Um número expressivo de empresas (20%) utilizou algum apoio financeiro do governo para inovar, o que demonstra o esforço dos últimos anos de programas de financiamento, incentivos fiscais e de subvenção destinados às atividades inovativas. Com relação às fontes de informação, verifica-se que as fontes com a cadeia produtiva, relacionado aos fornecedores, clientes e internamente à firma, constitui o principal mecanismo cooperativo para o desenvolvimento de inovações. Por outro lado, apenas 13,5% das empresas participaram de arranjos cooperativos diretamente relacionados à inovação. Por fim, como esperado, a maioria das empresas se situam nas regiões sul e sudeste do país e com uma faixa de pessoal ocupado de até 500 funcionários.

Com relação as variáveis contínuas reportadas pela Tabela 3, as mesmas estão representadas pelos seus valores médios. É possível perceber, por exemplo, que o valor médio investido em P&D de forma contínua pelas empresas brasileiras girou em torno de R\$ 1.281.720,00 em 2011, ou de pouco menos de R\$ 1300,00 por trabalhador. É possível concluir também que, em média, as empresas brasileiras controlam menos de 1% de seu mercado (*market-share* de 0,92%) e que possuem pouco mais de 380 funcionários. A despeito das variáveis de resultado, convém mencionar que a produtividade do trabalho das firmas brasileiras apresentou um valor médio de R\$ 90.000,00.

Tabela 3 – Estatística Descritiva: Variáveis Contínuas - Médias (unidades e em Reais)

Variáveis Contínuas	2011
Investimento em P&D ¹²	1281,72
Investimento em P&D por trabalhador ¹²	1,38
Pessoal Ocupado	383,26
<i>Market-share</i> (%)	0,92
Receita Líquida de Vendas ²	144.675,70
Valor da Transformação Industrial ²	58.321,19
Valor do Capital por Trabalhador ²	12,23
Consumo de Matérias-primas por Trabalhador ²	128,18
Produtividade do Trabalho ²	90,22
Observações	11.159

¹Para aquelas empresas que realizam P&D de forma contínua.

²Em milhares de Reais.

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

6.2. Estimações

A estimação do modelo CDM em três estágios sequenciais proposto está representada na Tabela 5. Cada coluna da tabela representa uma etapa do modelo: as duas primeiras referentes à equação de P&D (seleção e intensidade) e possui o logaritmo do investimento em P&D por trabalhador como variável dependente; a terceira e quarta coluna representam as equações de inovação e possuem as *dummies* de inovação de produto e de processo como variáveis dependentes; e, por fim, a última coluna representa a equação de produtividade, que possui a produtividade do trabalho como variável dependente.

Tabela 5 – Estimação Modelo CDM

	P&D		Inovação		Produtividade
	Seleção	Intensidade	Produto	Processo	
(ln)P&D	-	-	0,189*** (0,012)	0,044*** (0,009)	-
Inoprod	-	-	-	-	1,234*** (0,185)
Inoproc	-	-	-	-	-0,842* (0,490)
(ln)PO	0,303*** (0,018)	-	0,001 (0,007)	-0,002 (0,005)	0,028** (0,012)
(ln)Mkt	0,097*** (0,013)	0,162*** (0,031)	-	-	-
Capest	0,136*** (0,051)	0,455*** (0,103)	-	-	-
Compet	-0,066 (0,072)	0,104 (0,151)	-	-	-
Quali	-	0,994*** (0,007)	-	-	-
Gov	-	0,544*** (0,080)	-	-	-
Coop	-	0,211*** (0,075)	0,086*** (0,016)	0,032*** (0,010)	-
Infcad	-	0,099 (0,481)	0,112*** (0,035)	0,111*** (0,029)	-
Infconc	-	-0,030 (0,074)	0,066*** (0,014)	-0,088 (0,010)	-
Infpesq	-	0,029 (0,077)	0,034** (0,014)	0,017 (0,011)	-
(ln)Capital	-	-	-	-	0,153*** (0,010)
(ln)MP	-	-	-	-	0,212*** (0,020)
CNAE	314,58***	708,43***	189,60***	100,87***	9,04***
Região	16,59***	77,58***	27,93***	17,83***	15,29***
R ² /Pseudo R ²	-	-	0,133	0,031	0,403
Rho	0,652 (0,041)	-	-	-	-
Sigma	1,737 (0,053)	-	-	-	-
Log Likelihood	-6330,972	-	-3430,281	-2799,298	-
Wald Test	117,85***	-	-	-	-
Nº de Obs.	11.049	-	5.755	5.755	4.380

*** significativo a 1%, ** significativo a 5% e * significativo a 10%. Números reportados são efeitos marginais. Os erros-padrão são robustos e se encontram entre parênteses. As *dummies* de controle de atividades econômicas (CNAE) e de localização das regiões geográficas (Região) estão representadas pelo teste de significância conjunta. As constantes não foram reportadas. Elaboração própria a partir das bases citadas na Tabela 1.

As análises dos resultados encontrados estão compiladas nos itens a seguir:

1) No que diz respeito às hipóteses schumpeterianas sobre o impacto do tamanho da firma e da concentração do mercado sobre o processo inovativo, os modelos se mostraram, de forma geral, de acordo com os pressupostos. O fato de a firma possuir um maior *market-share* (mkt) impacta positivamente a decisão e a intensidade de se investir em P&D. Esse resultado se mostrou estatisticamente significativo a 1%. O mesmo pode ser visto sobre o impacto do tamanho da firma (PO) sobre a decisão de se investir em P&D e sobre a produtividade. Porém, a relação entre o tamanho da firma e a inovação propriamente dita, seja ela de produto ou de processo, não se mostrou estatisticamente significativo. Esse resultado mostra a importância de ser grande na etapa inicial do processo inovativo, naquilo que se refere em realizar atividades de pesquisa e desenvolvimento. Firms maiores e com maior participação no mercado parecem possuir vantagens no que se refere a capacitações tecnológicas e acesso a financiamentos desse tipo. Empresas maiores também são, em média, mais produtivas, pois o processo de produção para estas está associado com maiores economias de escala. Por outro lado, a partir do momento em que se investe em P&D, o tamanho da firma não parece impactar o resultado esperado desse investimento. O fato de uma firma ser maior não garante que a mesma possuirá uma maior probabilidade de introduzir inovações. 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 (2012).

2) A questão da inserção internacional está representada pelas variáveis de capital estrangeiro (capest) e competitividade internacional (compet). Possuir capital estrangeiro impacta de forma positiva a decisão de se investir em P&D e na intensidade desse investimento. Esses resultados são estatisticamente significativos a 1%. Por outro lado, o fato de o principal mercado da firma ser o internacional não se mostrou estatisticamente significativo com as equações de P&D. Esse resultado evidencia que as firmas brasileiras expostas no mercado externo não são difusoras de tecnologia e conhecimento próprio. Nesse caso, a competitividade dessas empresas com o mercado externo deve se dar por outras formas não relacionadas à mudança tecnológica. Esse efeito encontrado difere dos resultados dos principais países europeus no trabalho de Griffith *et al.* (2006), em que a competição internacional por parte da firma aumenta a probabilidade da mesma investir em P&D. Isso sugere que as firmas dos principais países europeus se inserem internacionalmente de forma mais competitiva em termos de tecnologia do que as firmas brasileiras⁶.

3) Como esperado, a qualidade da mão-de-obra (quali), através de trabalhadores com níveis de qualificação superior nos departamentos de P&D, impacta de forma positiva e significativa a intensidade do investimento desses departamentos. As questões do capital humano e da capacitação tecnológica sobre a inovação e o crescimento econômico são amplamente abordadas na literatura de várias escolas da economia.

4) Empresas que participaram de programas do governo para inovação (gov), seja através de incentivos fiscais, financiamentos ou subvenção econômica, apresentaram maiores níveis de investimento em P&D (coeficiente com sinal positivo e estatisticamente significativo a 1%). Esse resultado era esperado, mostrando a importância do apoio público para o financiamento da inovação, que é de maior risco e incerto, e por isso de difícil captação. Esse resultado aparece de forma bastante heterogênea nos estudos internacionais. O financiamento público parece ser importante para a Alemanha, Espanha e Reino Unido, mas não significativo para a França em Griffith *et al.* (2006) e em Mairesse e Robin (2012). Já para os países em desenvolvimento, Crespi e Zuñiga (2012) e Raffo *et al.* (2008)

⁶ A variável de competitividade internacional não foi encontrada nos estudos analisados sobre os países latino-americanos, o que impossibilita a comparação.

encontraram uma relação positiva e estatisticamente significativa no Chile, Colômbia e Costa Rica, e não significativa na Argentina, no México, Panamá e Uruguai.

5) O envolvimento em arranjos cooperativos com outras organizações (coop) com vistas a desenvolver atividades inovativas impacta de forma positiva e estatisticamente significativa a intensidade do investimento em P&D e aumenta a probabilidade de introdução de inovações de produto e processo. Mais uma vez esse resultado era esperado, pois a transferência de conhecimento, o acúmulo de competências e a aprendizagem com parceiros comerciais vem sendo destacado cada vez mais pela literatura da inovação como importante requisito para o desenvolvimento tecnológico. Já a importância das fontes de informação (infcad, infconc, infpesq) para a intensidade do investimento em P&D e para o desenvolvimento de produtos e processos tecnologicamente novos ou aprimorados se mostrou mais heterogêneo. Essas fontes de informação parecem não impactar o nível de investimento em pesquisa e desenvolvimento, mas parece aumentar a probabilidade de introdução de inovação de produto. Apenas a fonte de informação com a cadeia produtiva se mostrou estatisticamente significativo com a inovação de processo. 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 (2012), porém, não coincidindo com o Chile e a Argentina neste último trabalho.

6) Quanto maior o nível relativo de investimento em P&D, maior é a probabilidade de as empresas inovarem tanto em produto quanto em processo. A probabilidade de esse resultado ocorrer é maior para a inovação de produto do que para a inovação de processo. A relação entre P&D e inovação ocorre na grande maioria das evidências empíricas de outros países, e o valor mais alto dos coeficientes da inovação de produto do que da inovação de processo também ocorre em Griffith *et al.* (2006) e Mairesse e Robin (2012).

7) Finalmente, o impacto da inovação de produto sobre a produtividade das empresas brasileiras se mostrou positivo e estatisticamente significativo a 1%. Os resultados sugerem que, em média, as firmas que inovam em produto possuem uma produtividade 123% superior às demais. Por outro lado, o efeito da inovação de processo se mostrou negativo, reduzindo a produtividade das empresas que introduziram esse tipo de inovação. Esse resultado é surpreendente, pois as inovações de processo, ou seja, o desenvolvimento de melhores técnicas produtivas, são comumente associadas a menores custos de produção na literatura econômica. Numa análise bibliográfica sobre o tema, Hall (2011) verifica que esse resultado não esperado também ocorre na maioria dos estudos empíricos que utilizam o modelo CDM. Para a autora, isso pode ocorrer por duas razões: i) a firma típica desfruta algum poder de mercado e opera na parte inelástica da curva de demanda, desta maneira, a produtividade da receita cai quando a empresa se torna mais eficiente; ii) há problemas de mensuração da inovação, que não consegue captar o real efeito da inovação de processo quando colocada junto a inovação de produto.

Para buscar entender melhor esse último resultado encontrado, a Tabela 6 apresenta variantes das estimações apresentadas nas Tabelas 5. Esse tipo de análise também foi feito em Mairesse e Robin (2012). A Tabela 6 mostra os mesmos modelos estimados anteriormente, mas negligenciando um tipo de inovação da equação de produtividade e acrescentando a variável de inovação de produto e/ou processo (inov). A tabela apresenta apenas as duas últimas etapas do modelo (o efeito da P&D sobre a inovação; e o efeito da inovação sobre a produtividade), no qual as outras variáveis não estão reportadas para simplificar a análise. A primeira linha apresenta os mesmos valores da Tabela 5 para facilitar a comparação com os outros resultados. A segunda linha apresenta apenas o resultado da inovação de produto sem utilizar a variável de inovação de processo sobre a produtividade, enquanto a terceira linha apresenta o contrário: apenas o resultado da inovação de processo sem utilizar a variável de inovação de produto sobre a produtividade. Por fim, a quarta linha apresenta o resultado utilizando a variável de inovação de produto e/ou processo (inov).

Pela Tabela 6, verifica-se que todas as novas variações de estimações do modelo CDM (linhas 2, 3 e 4), o impacto da inovação (inoprod, inoproc, inov), sobre a produtividade se mostrou positivo e

estatisticamente significativo a 1%. Introduzir inovações de produto aumentou a produtividade em 97%, enquanto introduzir inovações de processo aumentou a produtividade em cerca de 210%. Por fim, introduzir inovações, seja ela de produto ou processo, aumentou a produtividade em quase 200% para o período analisado.

Tabela 6 – Variações das Estimações do Modelo CDM

	Inoprod	Inoproc	Produtividade
(ln)P&D	0,189*** (0,012)	0,044*** (0,009)	-
(1) Inoprod	-	-	1,234*** (0,185)
Inoproc	-	-	-0,842* (0,490)
		Inoprod	Produtividade
(2) (ln)P&D		0,189*** (0,012)	-
Inoprod		-	0,971*** (0,097)
		Inoproc	Produtividade
(3) (ln)P&D		0,044*** (0,009)	-
Inoproc		-	2,100*** (0,263)
		Inov	Produtividade
(4) (ln)P&D		0,035*** (0,005)	-
Inov		-	1,989*** (0,328)

*** significativo a 1%, ** significativo a 5% e * significativo a 10%. Números reportados são efeitos marginais. Os erros-padrão são robustos e se encontram entre parênteses. Elaboração própria a partir das bases citadas na Tabela 1.

Dessa forma, uma só variável de inovação parece responder melhor a análise do modelo CDM em três estágios sequenciais, já que um efeito negativo da inovação de processo sobre a produtividade no modelo padrão apresentado nas Tabelas 5 e na primeira linha da Tabela 6 é irreal tanto do ponto de vista teórico quanto lógico. Esse resultado estranho parece estar de acordo com o segundo argumento de Hall (2011) sobre a dificuldade de se mensurar a inovação, principalmente a de processo. Pode ser difícil para um gestor de uma firma enxergar a introdução desse tipo de inovação ao responder o questionário de pesquisa. Os dois tipos de inovação tratados podem ser confundidos conceitualmente, já que um novo produto introduzido por uma firma (uma máquina de uma empresa de bens de capital, por exemplo) pode vir a ser utilizada como um novo processo para outra firma (no processamento de uma empresa do ramo de alimentos, por exemplo).

7. Considerações Finais

A fim de compreender o padrão do processo inovativo brasileiro atual, esta pesquisa fez uma análise empírica em nível das firmas industriais utilizando a metodologia do modelo CDM para verificar o impacto do investimento em pesquisa e desenvolvimento sobre a inovação, e desta sobre a produtividade, compreendendo o período de 2009 a 2011. Esse foi o objetivo do trabalho, no qual evidenciou que a probabilidade de inovar aumenta com um maior nível de investimento em P&D, e que o nível de produtividade é influenciado positivamente, na média, pela inovação de produto, mas influenciado negativamente pela inovação de processo. Variações na forma de mensuração da variável de inovação mostrou que o impacto da inovação de processo sobre a produtividade passa a ser positivo

e estatisticamente significativo quando isolado do efeito da inovação de produto. Uma forma melhor de captar esse efeito é considerar uma variável só como sendo de inovação de produto e/ou processo.

Esses resultados encontrados são bastante parecidos com as evidências empíricas de outros países, principalmente nos efeitos principais entre P&D, inovação e produtividade, contribuindo para destacar a importância da inovação para o desempenho produtivo. As fracas relações das fontes de informação para o processo inovativo como um todo coincidem com as hipóteses de construções fracas de redes de aprendizagem para a inovação nos países da América Latina ressaltos por Raffo *et al.* (2008), porém, as empresas brasileiras parecem ter respondido bem a outros determinantes do gasto em P&D, como mostraram as variáveis de qualidade da mão-de-obra, de cooperação e do financiamento público. Isso evidencia a heterogeneidade encontrada desses processos nos países analisados, o que depende de características próprias e dos estágios de desenvolvimento dos mesmos.

Outros resultados também contribuíram para destacar a relevância de ser grande para a decisão de se investir em P&D, mas sem efeito para a inovação propriamente dita. Por outro lado, possuir o mercado estrangeiro como o principal não parece impactar o investimento em P&D, o que sugere que as firmas brasileiras inseridas internacionalmente não possuem a competitividade tecnológica como estratégia. Os resultados encontrados servem como uma pista geral de como anda a relação entre a inovação e a produtividade das empresas industriais no Brasil, servindo como um complemento para pesquisas mais específicas e em níveis de detalhamento maiores sobre o tema.

Referências Bibliográficas

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.

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. **World Development**, n. 40, p. 273-290, 2012.

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

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

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.

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.

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.

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

OCDE. **Oslo Manual: guidelines for collecting and interpreting innovation data**. Paris: OCDE, 2005.

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.

PINTEC. **Pesquisa de Inovação 2011**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2014.

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.

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

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