



UnB

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO,
CONTABILIDADE E CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO - FACE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

Gustavo Varela Alvarenga

Impactos dos Fundos Setoriais nas
Empresas: Novas Perspectivas a partir da
Função Dose-Resposta

**Brasília
2011**

Gustavo Varela Alvarenga

Impactos dos Fundos Setoriais nas
Empresas: Novas Perspectivas a partir da
Função Dose-Resposta

Dissertação apresentada ao Mestrado
em Economia do Setor Público da
Universidade de Brasília, como requi-
sito parcial para a obtenção do título
de Mestre em Economia.

Orientador: Donald Matthew Pianto

Brasília
2011

*Dedico à Marlene Ignez Calhes e à memória de
Alberto Torres Quintanilha Neto.*

“It is sometimes argued that most of our great social and political problems would simply evaporate if all citizens had a scientific point of view and, hence, that the benefits derived from scientific research are only in small part reflected in the useful inventions generated by science, for science helps to make better citizens.”

Richard Nelson, [1959](#)

⁰Às vezes, é alegado que a maioria dos nossos grandes problemas sociais e políticos iria simplesmente evaporar se todos os cidadãos tivessem uma visão científica e, portanto, que os benefícios provenientes da pesquisa científica são refletidos somente em uma pequena proporção nas úteis invenções geradas pela ciência, pois a ciência ajuda a construir cidadãos melhores.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, ao meu co-orientador, aos meus amigos, à minha família e ao meu grande amor. A vida é cheia de momentos bons. São as partes difíceis que fazem você ser grato por ter pessoas para compartilhá-las com você.

Resumo

O objetivo deste trabalho é analisar o impacto dos Fundos Setoriais do ponto de vista do montante de recursos fornecidos para as empresas industriais brasileiras no período entre 2001 e 2006. Deseja-se avaliar o impacto do investimento governamental sobre os indicadores de esforço tecnológico (investimento em P&D) e resultado (tamanho e exportações de alta intensidade tecnológica) dessas empresas. Para tal, optou-se por utilizar uma técnica que avalia a resposta do investimento privado aos diferentes montantes de incentivo público, via escore de propensão generalizado com correção do viés de seleção. Este é o primeiro trabalho no Brasil que utiliza esta técnica para avaliar os impactos de incentivos públicos à inovação. Estimativas para os efeitos médios indicam que se o governo aumentasse os recursos fornecidos pelos Fundos Setoriais em 1%, as empresas aumentariam seu investimento em P&D em 1,5% no ano de acesso aos recursos e em 1,8% quatro anos após este acesso, em relação às que não acessaram. Ademais, os impactos marginais dos Fundos Setoriais indicam uma relação quadrática em forma de “U”, o que sugere que estes recursos têm mais impacto nas extremidades da distribuição, isto é, eles têm impacto relativo mais forte para as firmas muito pequenas (que participam de editais de valor muito reduzido, e que por serem pequenas o impacto relativo é majorado) e para as firmas médias ou grandes (que participam de editais de valores mais altos). Todos estes resultados permitem rejeitar a hipótese de *crowding-out*.

Palavras-chave: Inovação, P&D, Avaliação de Impacto, Tratamento Contínuo, Escore de Propensão Generalizado.

Abstract

This study aims to assess the impact of Brazilian Sectoral Funds from the standpoint of the amount of resources provided to Brazilian industrial companies between 2001 and 2006. We want to evaluate the impact of governmental investment on indicators of technological efforts (R&D investment) and outcomes (size and high-technology exports) of these companies. To this end, we chose to use a technique that evaluates private investments' response to different amounts of public incentive, using the generalized propensity score with a correction for selection bias. This is the first study in Brazil that uses this technique to assess the impact of public incentives for innovation. Estimates for the average effects indicate that, compared to those which have not received incentives, if the government had increased the resources provided by Sectoral Funds at 1%, firms would have increased their R&D's investments by 1.5% in the year that they received those resources and 1.8% four years after access. Furthermore, the marginal impacts of Sectoral Funds indicate a quadratic "U"-shaped relationship, suggesting that these resources have more impact on the ends of the distribution, that is, they have stronger relative impact for very small firms (which participate in public tenders of very low value, and for being small, the relative impact is more evident) and for medium-sized or large firms (which participate in public tenders at higher values). All of these results allow us to reject the crowding-out hypothesis.

Keywords: Innovation, R&D, Impact Evaluation, Continuous Treatment, Generalized Propensity Score.

Lista de Figuras

1.1	Evolução comparativa dos custos unitários dos inovadores e dos “imitadores” ativos e passivos.	9
1.2	Determinação do Equilíbrio e do Esforço Ótimo em P&D.	15
1.3	Ponto ótimo do investimento em P&D.	18
1.4	Efeito Adicionalidade dos Incentivos Públicos ao Investimento Privado em P&D.	20
1.5	Estrutura lógica das pesquisas sobre impactos de políticas de inovação nas empresas.	34
1.6	Resumo dos artigos revisados.	66
2.1	Evolução da Execução da FINEP, por modalidade e ano (em R\$ milhões).	77
4.1	Resultado do Balanceamento da Função de Propensão.	99
4.2	Impacto marginal dos incentivos sobre o tamanho da firma.	107
4.3	Impacto marginal dos incentivos sobre as exportações de alta intensidade tecnológica.	108
4.4	Impacto marginal dos incentivos sobre os esforços tecnológicos.	108

Lista de Quadros

1.1	Principais Mecanismos Governamentais de Fomento à Inovação. . . .	21
1.2	Quadro-resumo das características e críticas dos modelos estruturais e não estruturais.	37
1.3	Comparação entre modelos estruturais e de avaliação de impacto . . .	39
2.1	Programas da FINEP para apoio à inovação	76
3.1	Grupos Ocupacionais do <i>PoTec</i>	82
3.2	Perfil das empresas apoiadas pelos Fundos Setoriais, 2000-2007. . . .	83
3.3	Número de empresas por estréia nas diferentes modalidades de apoio dos Fundos Setoriais entre 2001 – 2006.	84
4.1	Distribuição dos Coeficientes <i>probit</i> após 450 repetições.	97
4.2	Diferenças entre os grupos antes e após o pareamento	98
4.3	Estimativas para o Tamanho da Firma	100
4.4	Estimativas para as Exportações de Alta Intensidade Tecnológica . . .	101
4.5	Estimativas para os Esforços Tecnológicos	102
4.6	Estimativas DID para o Tamanho da Firma	104
4.7	Estimativas DID para as Exportações de Alta Intensidade Tecnológica	105
4.8	Estimativas DID para os Esforços Tecnológicos	106

B.1	Linhas do Programa FINEP Inova Brasil	143
B.2	Idéias-Força do Programa 14Bis	150
C.1	Detalhamento dos Fundos Setoriais	151

Sumário

Introdução	1
1 Inovação	6
1.1 Fundamentos Teóricos	6
1.2 O Financiamento de Pesquisa e Desenvolvimento	14
1.3 Mecanismos Públicos de Fomento à Inovação Tecnológica	20
1.3.1 Regulação dos Direitos de Propriedade Intelectual	21
1.3.2 Financiamento de Pesquisa em Instituições Públicas	23
1.3.3 Disponibilização de Capital Humano para Ciência e Tecnologia	25
1.3.4 Mecanismos Indiretos de Financiamento	27
1.3.5 Mecanismos Diretos de Financiamento	30
1.4 Avaliações de Impacto dos Fomentos Diretos à P&D	33
1.4.1 Modelos Estruturais	40
1.4.2 Modelos Não Estruturais	52
2 Políticas de Ciência e Tecnologia no Brasil	67
2.1 Breve Histórico das Políticas Brasileiras	67
2.2 A FINEP e os Fundos Setoriais	74

3	Dados e Metodologia de Análise	80
3.1	Bases de Dados	80
3.2	O Método de <i>Propensity Score Matching</i>	84
3.3	O <i>Propensity Score</i> Generalizado e a Função Dose-Resposta	87
3.4	Estratégia Empírica	91
4	Resultados	96
4.1	Definição dos Grupos de Análise	96
4.2	Estimativas do Modelo Econométrico em Nível	99
4.3	Estimativas do Modelo Econométrico em Diferenças em Diferenças	103
4.4	Avaliação do Impacto Marginal dos Fundos Setoriais	106
5	Observações Finais	110
	Referências Bibliográficas	121
A	Primeiro apêndice	136
A.1	Algumas Leis Brasileiras para Incentivo à C&T	136
A.1.1	Lei de Inovação, Lei nº 10.973/04	136
A.1.2	Lei de Informática, Lei nº 11.077/04	138
A.1.3	Lei do Bem, Lei nº 11.196/05	139
B	Segundo apêndice	142
B.1	Programas da FINEP de Apoio à Inovação	142
B.1.1	FINEP Inova Brasil	142
B.1.2	Juro Zero	144
B.1.3	Programa INOVAR	145

B.1.4	Subvenção Econômica	146
B.1.5	PRIME	148
B.1.6	14Bis	149
B.1.7	PNI	150
C	Terceiro apêndice	151
C.1	Detalhes dos Fundos Setoriais	151

Introdução

A inovação é o processo de transformação no âmbito interno das empresas, que altera o estado preexistente, seja da economia, seja dos desejos dos consumidores. O processo inovativo, além de fornecer uma alta taxa de retorno social, é importante tanto no contexto de sobrevivência das empresas nos mercados competitivos, quanto no desenvolvimento econômico das nações.

Tradicionalmente, os esforços tecnológicos feitos pelas empresas em busca de inovação são medidos em termos de dispêndio em pesquisa e desenvolvimento (seja interno ou externo). Estes processos, principalmente a realização interna de pesquisa e desenvolvimento (P&D), são caros e possuem alto grau de incerteza, uma vez que não há garantia dos retornos e da aplicabilidade dessas atividades¹. Com isso, argumenta-se que as empresas não possuem incentivos para investir em atividades inovativas.

Essa falta de incentivos à inovação por agentes privados leva [Arrow \(1962\)](#) e [Romer \(1986\)](#) a afirmarem que, para que haja alocação ótima de recursos em atividades de inovação, é necessário o apoio de instituições que não são guiadas por critérios

¹[Knight \(1972\)](#) trata de dois conceitos de incerteza relacionados às ações tomadas pelo homem, a mensurável e a imensurável. A incerteza mensurável, a qual ele chamou de *risco*, pode ser estimada por uma probabilidade estatística, de modo que se pode definir a distribuição do resultado a partir de um grupo de casos. O autor utilizou o termo *incerteza* para definir os casos imensuráveis, ou seja, as situações em que é impossível calcular alguma probabilidade de ocorrência, pois os eventos são muito singulares. ([KNIGHT, 1972](#), p. 249). Estes serão as definições utilizados nesta dissertação. Para mais detalhes, sugere-se a leitura dos Capítulos VII e VIII de sua obra.

de lucros e perdas. Tal apoio tem como objetivos minimizar as falhas de mercado e aumentar os investimentos privados em P&D.

Com as justificativas de que a inovação fornece um alto grau de retorno social e por conta das suas externalidades positivas, normalmente, este apoio é fornecido pelo Estado através de ações que alteram a composição dos custos de oportunidade do capital das empresas e/ou dos retornos marginais dos seus projetos de P&D.

No Brasil, até os anos 1990, não existia uma política explícita para incentivar as empresas privadas a investir em inovação. Ao final desta década, o Estado brasileiro lançou um instrumento inovador de apoio setorial, através do Plano Avança Brasil, que deu início a fase de desenvolvimento como fruto das inovações tecnológicas.

Em uma tentativa de resgatar a inovação de modo explícito a partir de uma parceria entre FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) e CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), os Fundos Setoriais (FS) foram implementados para estabelecer um financiamento contínuo e estável aos projetos nas áreas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Ademais, com este instrumento desejava-se auxiliar empresas pequenas, estimular gastos privados em P&D e estabelecer parcerias entre universidades, o setor produtivo e as instituições de pesquisa (MORAIS, 2008; ARAÚJO et al., 2010).

Nos primeiros anos de sua implantação (1999-2002), os FS tiveram pouca eficácia, por conta “da baixa execução orçamentária da época e do arcabouço legal e regulatório então vigente” (SALERNO; KUBOTA, 2008, p. 33) e apenas a partir de 2003 os recursos alocados tiveram maior volume e direcionamento efetivo a projetos privados.

Com o crescimento do volume de recursos orçamentários ao longo dos últimos 10 anos, o montante que é injetado nas empresas para apoiar projetos de inovação tecnológica também cresceu. Como estes recursos estão sendo direcionados para incentivar

a inovação e não são utilizados em outras áreas, há preocupações quanto à sua eficácia. Por isso, deve-se avaliar continuamente se estes mecanismos estão substituindo ou se estão trabalhando de forma a complementar o investimento privado em P&D.

Desta forma, a hipótese principal a ser investigada neste trabalho é a de que o Governo investe R\$ 1,00 em P&D nas firmas particulares, porém estas não igualam os investimento públicos, muitas vezes utilizando os recursos recebidos como substitutos para seus próprios gastos (o fenômeno conhecido como *crowding-out*).

Esse tipo de comportamento vai contra o objetivo proposto por tais mecanismos e uma avaliação apropriada de sua eficácia deve ser realizada. Além desta avaliação, uma verificação de como tais recursos impactam nos indicadores de resultado das empresas (tamanho e exportações de produtos de alta intensidade tecnológica) deve ser feita. Ademais, como montantes diferentes de apoio podem ter impactos diferenciados no investimento privado, hipóteses subjacentes sobre como os investimentos privados (e os indicadores de resultado) se comportam em cada valor distinto de investimento público também foram investigadas.

Ao longo dos anos, várias técnicas foram desenvolvidas para avaliar a eficácia dos mecanismos públicos de fomento. Contudo, a maioria das avaliações feitas considera apenas o aspecto dicotômico das políticas em suas estimativas. Em outras palavras, tais avaliações observam apenas a variação no investimento privado, dado que existe a política². Por conta disso, aqui se utiliza um método que avalia a resposta do investimento privado às diferentes “doses”³ de apoio público e segue diretamente do trabalho de Araújo et al. (2010), no qual os autores utilizaram uma variável dicotômica para in-

²Não pretende-se minimizar os resultados provenientes de avaliações que utilizam uma variável binária, mas apenas atentar ao fato de que aspectos importantes quanto ao volume dos recursos podem estar menosprezados.

³O contexto de avaliação de tratamentos fornece esta denominação. Neste trabalho, o “tratamento” é o valor investido pelo Governo.

dicar o acesso aos Fundos Setoriais (o tratamento) e avaliar seu desempenho⁴.

Este trabalho avalia o impacto dos Fundos Setoriais nas Empresas a partir do uso de uma abordagem que considera o tratamento contínuo e o problema de seleção. Essa avaliação, que considera as diferenças de investimentos entre as firmas que acessaram e as que não acessaram, condicionado ao tamanho do incentivo, é realizada utilizando um método que parte da abordagem proposta por Imai e Dyk (2004).

Tal abordagem permite avaliar o comportamento das firmas, em relação ao investimento em P&D, em cada “faixa” de incentivo e, com isso, deseja-se verificar se o apoio governamental, do jeito que é feito hoje, é adequado para as empresas. O teste desta hipótese é feito comparando-se o investimento médio de cada firma que recebeu o apoio *vis-à-vis* às que não receberam, em cada “faixa” de recurso obtido.

Ao se agrupar as estimativas ponderadas de cada faixa, é possível obter o efeito médio do tratamento e responder a principal pergunta deste trabalho. A técnica utilizada minimiza qualquer tipo de influência de outras variáveis (governança corporativa, choques econômicos, tamanho da empresa), de modo que as firmas que receberam o tratamento e as que não receberam sejam comparáveis e tenham apenas essa característica (o acesso aos Fundos Setoriais) como diferença.

No Brasil, esta é a primeira vez que tal metodologia é utilizada para avaliar investimentos em inovação e espera-se que os resultados obtidos nesse trabalho ajudem na avaliação e na formulação de políticas públicas mais eficientes, levando a um melhor desenvolvimento das empresas brasileiras.

Esta dissertação está dividida da seguinte forma. No Capítulo 1 são delineados os fundamentos teóricos que explicam a importância e as dificuldades do processo de inovação tecnológica. Este capítulo tem a intenção de fornecer um quadro geral dos

⁴Os autores não encontraram evidências de *crowding-out*.

conceitos relativos à inovação. Primeiro, avalia-se a inovação no contexto de crescimento, como forma de determinar sua importância para o desenvolvimento econômico dos países. Dada a importância da inovação, procura-se verificar se há motivação por parte das empresas e dos inventores para o desenvolvimento de tais atividades. Verifica-se, também, como o custo de oportunidade do capital das firmas se comporta quando estas devem investir em P&D.

Dentro deste escopo, são detalhadas as principais políticas públicas para suporte à inovação, suas fragilidades e seus os efeitos esperados. Acredita-se que este embasamento teórico forneça instrumentos suficientes para que possamos compreender melhor a evolução das políticas brasileiras para suporte à inovação e entender as especificidades das técnicas utilizadas atualmente para a avaliação desses instrumentos. Esse capítulo condensa as técnicas econométricas desenvolvidas para medir o impacto de intervenções e relaciona alguns trabalhos que utilizam tais técnicas para avaliar o dispêndio privado em P&D.

O Capítulo 2 aborda as políticas brasileiras de apoio ao setor de ciência e tecnologia e descreve, de forma breve, os Fundos Setoriais. O Capítulo 3 discorre sobre a técnica para estimação da dose-resposta, sobre a base de dados e sobre a estratégia empírica utilizada neste trabalho. O Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos a partir desta metodologia e o Capítulo 5 apresenta as observações finais.

Capítulo 1

Inovação

1.1 Fundamentos Teóricos

Percebe-se a importância da inovação no contexto industrial quando, na Inglaterra do século XVIII, as primeiras máquinas para produção em larga escala de tecidos e energia foram empregadas. O excesso de produção, ocorrido por conta do aumento da produtividade fornecido pelas máquinas, foi fator importante para o desenvolvimento industrial do final do século XVIII e início do XIX, no sentido de que permitiu a transição da estrutura feudal para uma baseada no capital (FURTADO, 1978).

Neste novo mercado capitalista, os critérios mercantis mesclaram-se ao processo produtivo e a acumulação de capitais transformou-se no núcleo da evolução social. Esse acúmulo dependia de um aumento no excedente de produção, obtido com melhorias na eficiência, e a inovação não era apenas um fator determinante para o acúmulo de capitais, era, também, um instrumento de poder (FURTADO, 1978) e o “impulso fundamental que inicia e mantém a máquina capitalista em movimento” (SCHUMPETER, 1984, p. 112-113).

Os modelos teóricos de crescimento endógeno afirmam que é necessário um processo contínuo de renovação do conhecimento para que haja um crescimento econômico que seja positivo e sustentável no longo prazo (ROMER, 1986; ROMER, 1990). Schumpeter argumenta que o desenvolvimento econômico é resultado do processo de “destruição criativa”, no qual as inovações surgem para substituir as tecnologias ou processos existentes. Neste contexto, a produção é considerada como um processo de combinação de materiais e forças produtivas enquanto a inovação ocorre quando se modificam e/ou desenvolvem-se novas combinações, podendo resultar em cinco resultados principais: i) a criação de um novo bem, ou agregar nova qualidade a um bem; ii) o desenvolvimento de novo método de produção; iii) a abertura de um novo mercado; iv) a conquista de fontes novas de matéria prima e insumos, existentes ou que precisem ser criadas; e v) a criação de nova estrutura organizacional industrial (SCHUMPETER, 1961, p. 92-93).

A partir dessas definições, o Manual de Oslo (OECD, 2005, p. 46) condensa o conceito de inovação, no contexto econômico atual, em três pontos:

1. Implementação de um novo produto – seja ele um bem ou um serviço – ou processo, ou a melhoria de um existente;
2. Implementação de um novo método de marketing;
3. Desenvolvimento de nova estrutura organizacional a partir de melhores práticas de negócios, melhor organização do local de trabalho ou melhoria de suas relações externas.

As inovações tecnológicas são importantes, também, para a sobrevivência das empresas nos mercados competitivos. Esse comportamento, ou seja, a racionalidade

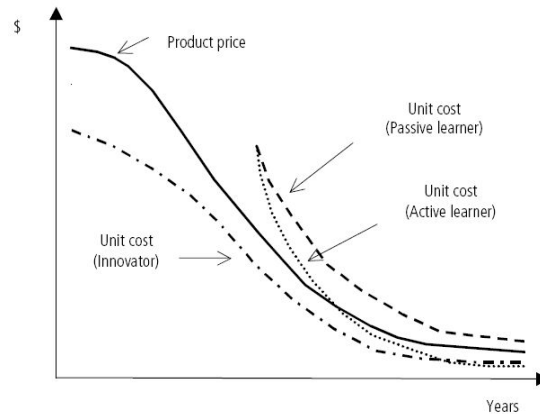
para o investimento em inovação, vem do desejo das firmas em maximizar seus lucros. Se o desenvolvimento de um novo processo diminuir seus custos, a empresa pode continuar a vender seus produtos à preços de mercado e obter uma margem de lucro maior, ou diminuir o preço e adquirir maior *market share*. Nesse sentido, o Manual de Oslo define que as empresas realizam “mudanças planejadas nas suas atividades com o intuito de melhorar seu desempenho” (OECD, 2005, p. 46).

As empresas que são capazes de introduzir uma inovação no mercado antes das outras, quando bem sucedidas, conseguem diminuir os custos unitários de seus produtos. Viotti (2004), mostra a relação de custos dessas empresas que são inovadoras (*innovator*), em relação àquelas que são “imitadoras”, tanto ativas (*active learner*), quanto passivas (*passive learner*). As “imitadoras” ativas caracterizam-se por um processo de aprendizado ativo, determinado pela sua capacidade de absorver e dominar novas tecnologias, juntamente com o esforço que empregam em realizar inovações incrementais como consequência de investimentos em tecnologia. Por outro lado, as “imitadoras” passivas empregam o mínimo esforço tecnológico possível e suas inovações incrementais baseiam-se na experiência adquirida com o processo produtivo, o *learn-by-doing* (VIOTTI, 2004, p. 15).

No longo prazo, a curva do custo unitário de produção de um certo produto é decrescente, *ceteris paribus*, sendo que o tempo de entrada de cada tipo de empresa neste “novo mercado” determina seus ganhos (Figura 1.1). A razão pela qual o tempo de entrada é diferente para cada empresa baseia-se no fato de que as empresas, por vários fatores, possuem capacidades tecnológicas e de aprendizado diferentes. Essas características determinam as habilidades das firmas de transformar conhecimento em tecnologia e obter lucros com isso.

Para que a empresa possa desenvolver suas capacidades tecnológicas e de apren-

Figura 1.1: Evolução comparativa dos custos unitários dos inovadores e dos “imitadores” ativos e passivos.



Fonte: Viotti (2004).

dizado, é necessário um certo investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Também é necessário um investimento em máquinas e equipamentos, porém como os esforços tecnológicos são aferidos em termos de gasto em P&D, nos limitaremos a este conceito.

O conceito de P&D adotado neste trabalho é o mesmo definido pela OCDE ¹ no Manual de Frascati (OECD, 2002), desenvolvido para padronizar os indicadores de pesquisa e desenvolvimento das pesquisas internacionais. Optou-se por utilizar este padrão para que o entendimento e as interpretações dos conceitos e resultados desenvolvidos neste trabalho tenham uma perspectiva global, de forma à permitir comparações dos indicadores do Brasil em um contexto mais amplo. Desta forma, o conceito de P&D é:

“Pesquisa e desenvolvimento experimental incluem o trabalho criativo realizado de forma sistemática para aumentar o estoque de conhecimento, incluindo o co-

¹Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OECD em seu acrônimo em inglês

nhhecimento do homem, da cultura e da sociedade, e o uso desse estoque de conhecimento para inventar novas aplicações.” (OECD, 2002, p. 30) (Tradução livre, do original em inglês).

Dentro deste conceito, ainda, há a distinção das três atividades que compõe a P&D. A primeira atividade é definida como “pesquisa básica”, sendo aquele trabalho mais teórico ou, dependendo do estágio, experimental, sem muita aplicação prática. É diferente da “pesquisa aplicada”, que também é realizada para desenvolver um conhecimento inicial sobre determinado fato ou fenômeno, porém possui objetivos práticos específicos. Por fim, o “desenvolvimento experimental” cria os novos produtos/processos a partir das informações obtidas nas atividades anteriores.

A partir destes conceitos, pode-se entender melhor os vários modelos propostos para explicar o processo em que se dá a inovação. O primeiro, proposto ao final da Segunda Guerra Mundial, é conhecido como modelo linear e, basicamente, define que o processo de inovação segue etapas sucessivas que têm início na pesquisa básica, passando pela aplicada e o desenvolvimento experimental. Se a inovação é aprovada nesta última fase, parte-se para sua produção e comercialização (VIOTTI, 2003). Nesse modelo de “*science push*”, acreditava-se que a inovação seria “empurrada pela ciência” e um grande investimento na área científica forneceria grandes resultados ao final do processo.

De forma inversa, o modelo de “*demand pull*” considera que o processo de inovação depende das necessidades do mercado. Novas idéias deveriam surgir para suprir essas necessidades e, caso fossem viáveis, seriam desenvolvidas, produzidas e, por fim, colocadas no mercado (BARBIERI; ÁLVARES, , p. 56). Contudo, o processo de inovação é complexo e flexível e isso inviabiliza uma análise baseada na linearidade².

²Para mais críticas, vide Kline e Rosenberg (1986) e Viotti (2003).

Apesar de seus problemas, o modelo linear foi muito utilizado até o final da década de 1980, quando [Kline e Rosenberg \(1986\)](#) apresentaram um modelo de elo de cadeia que considera a inovação como resultado das interações entre setores internos das firmas, firmas diferentes e os setores de ciência e tecnologia. Este modelo considera que a inovação não é resultado direto de investimentos em P&D, não possui garantias de resultado e, também, não é definida apenas pelas necessidades do mercado, mas é influenciada pelos “feedbacks” que os agentes envolvidos fornecem em diversas fases do processo ([CONDE; ARAÚJO-JORGE, 2003](#)).

O modelo sistêmico de inovação surgiu para explicar por que alguns países apresentavam processos de desenvolvimento diferentes de outros ([VIOTTI, 2003](#), p. 60). Sua abordagem é mais complexa que a do modelo de elo de cadeia e constata que as empresas não inovam sozinhas, mas que dependem de interações simultâneas entre fatores regionais, nacionais, organizacionais, institucionais e econômicos. Este modelo, apesar de sua complexidade, não é o mais apropriado para países de industrialização tardia, pois baseia-se numa cultura de inovação que não está enraizada em tais países. Como consequência, uma extensão do modelo sistêmico foi desenvolvida para considerar as relações entre os sistemas nacionais de inovação - dos países industrializados, responsáveis pelas mudanças técnicas - e os sistemas nacionais de aprendizado - dos países de industrialização tardia, responsáveis pela absorção da tecnologia e pelas inovações incrementais.

A partir desses modelos, não há dúvidas que o principal insumo e, ao mesmo tempo, o principal produto da inovação é o conhecimento (os pesquisadores envolvidos em tais atividades devem possuir o conhecimento necessários para desenvolver, ou aperfeiçoar, um produto/processo e, ao mesmo tempo, seu resultado é o novo conhecimento gerado). Se nos basearmos apenas na importância da inovação e nas ex-

ternalidades positivas que possui, parece pouco intuitivo pensar que os agentes econômicos irão investir poucos recursos nessas atividades. Porém, como estes agentes não levam em consideração estas externalidades no cálculo da produtividade marginal do conhecimento e como este “produto” possui características de um bem quase-público, as trajetórias ótimas de produção serão mais baixas que as trajetórias em equilíbrio, sejam elas em mercados competitivos ou com monopólios (ARROW, 1962; ROMER, 1986; ROMER, 1990).

Conhecimento é um “produto” complexo. Não é considerado bem público *per se*, pois o conhecimento não é perfeitamente não-excluível, uma vez que direitos de propriedade intelectual permitem ao inventor (ao menos em certa medida) controlar o acesso à informação. Não obstante, se estes mecanismos forem ruins e/ou se a informação cair em domínio público, o conhecimento pode ser considerado bem-público puro, pois seu uso não faz com que ele acabe (não-rival) e seu “proprietário” não consegue excluir outras pessoas de o usarem (não-excluível).

Por conta destas características, até o momento, não há tecnologia suficiente para determinar quais são os diferentes insumos de informação utilizados para gerar um novo conhecimento e recompensar os inventores por conta de uma informação específica³. Em outras palavras, o conhecimento é indivisível e, por isso, possui problemas clássicos na literatura econômica. Um deles é que o custo marginal de utilizar uma informação que já existe é zero. Se não existe custo para quem utiliza, parece óbvio admitir que não existe lucro para quem fornece, logo não há incentivos para o investimento em novos conhecimentos.

³ Arrow (1962) desenvolve um modelo para avaliar a motivação das empresas para realizar atividades de inovação, nos casos de monopólio e de concorrência perfeita, considerando as recompensas dos inventores. Seu objetivo é avaliar quais são os incentivos, em termos de lucro, que os dois agentes terão para inovar e seus resultados mostram que o incentivo das empresas é menor que o dos inventores (nos dois mercados).

Outro problema que origina-se da indivisibilidade do conhecimento é o problema da apropriação da informação. Como os custos de transmissão do conhecimento são baixos, qualquer pessoa pode quebrar o poder de monopólio que a firma possui por ter desenvolvido uma informação nova. De forma mais concreta, não são raros os casos de firmas que se destacam por utilizar uma informação, ou tecnologia, presente no mercado e introduzir produtos diferenciados. Um exemplo disso é o caso do tocador de MP3 da *Apple*®. A empresa, ao agregar novas qualidades ao produto, através de mudanças no design e, principalmente, em sua usabilidade, obteve estrondoso sucesso com seu *iPod*®. Essas mudanças incrementais são individualmente pequenas, mas cumulativamente grandes (ROSENBERG, 1982, p. 121) e são muito importantes dentro do processo produtivo, pois são resultados de atividades de *learning-by-doing* ou *learning-by-using*.

Estas atividades demonstram que a apropriação é um fator determinante no processo de inovação e por mais que segredos industriais e patentes tentem manter o poder de monopólio das firmas, estes mecanismos não são suficientes para assegurar apropriabilidade de um bem tão intangível quanto a informação (ARROW, 1962, p. 615). O resultado disso, como colocado por Morroni (2006, p. 34), é que sempre que um mecanismo de apropriação ruim levar à difusão de conhecimento, as taxas de retornos sociais serão maiores que as taxas de retornos privados e, como não há segurança de retorno ao investidor, haverá um desincentivo para a produção de mais conhecimento.

Não obstante, é crível esperar que o conhecimento adquirido no processo de inovação irradie para outros setores da empresa, ou mesmo da sociedade. Essas externalidades fazem com que o conhecimento, ao ser utilizado como insumo por terceiros, forneça benefícios não esperados⁴. Por isso, qualquer estimativa dos resultados da

⁴Para ilustrar isso, Nelson (1959) cita vários exemplos de descobertas que foram obtidas quando

inovação, por mais meticulosa que seja, será, no mínimo, imprecisa (HITCH, 1958).

Essas três características - incerteza, indivisibilidade e inapropriabilidade - levam à um nível de produção de conhecimento abaixo do ponto ótimo em termos de bem-estar social e por isso, são necessários instrumentos para incentivar os dispêndios privados, de modo que estes atinjam - ou pelo menos se aproximem - os níveis desejados socialmente. Tais mecanismos devem ser administrados por organizações que não visam o lucro (como o Governo) e devem ser direcionados a áreas específicas ou de maneiras particulares.

1.2 O Financiamento de Pesquisa e Desenvolvimento

As atividades de P&D são difíceis de financiar em um livre mercado competitivo. Como já visto, o problema de apropriação não garante os retornos dos investimentos e, assim, as firmas não têm incentivos para realizá-los.

Pensando em termos de “Teoria da Firma”, as empresas decidem por um investimento se este fornecer um retorno aceitável. Define-se $L(R)$ como o retorno que a firma possui dado um investimento R em P&D. Presume-se que $L(R)$ é uma função crescente, mas com retornos marginais decrescentes em R , de modo que

$$\frac{\partial L(R)}{\partial R} > 0 \quad e \quad \frac{\partial^2 L(R)}{\partial^2 R} \leq 0$$

Suponha que exista um instrumento que apóie um percentual s do volume total do projeto de P&D. Considerando expectativas racionais, a firma investirá em P&D o

 analisava-se outro fenômeno e que forneceram retornos maiores que o esperado.

valor de R que maximize seu lucro, ou seja

$$\max_R \Pi = L(R) - (1-s)R \quad (1.1)$$

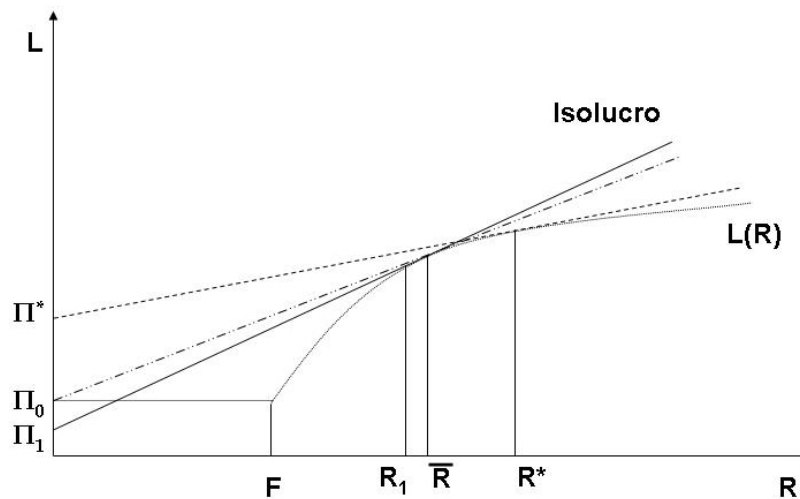
A partir das condições de primeira ordem, tem-se:

$$\frac{\partial L(R^*)}{\partial R} = (1-s) \quad (1.2)$$

$$\frac{\partial \Pi(R^*)}{\partial R} = 0 \quad (1.3)$$

De acordo com a equação 1.2, que determina a curvatura de $L(R)$, para cada nível de s , o nível ótimo de P&D da firma depende do valor máximo das coordenadas que Π_0 , Π_1 e Π^* . Na Figura 1.2, o ponto onde a curva isolucro dada por $L = \Pi + (1-s)R$ é tangente ao retorno $L(R)$ fornece este nível “ótimo”, R_1 , com um lucro Π_1 .

Figura 1.2: Determinação do Equilíbrio e do Esforço Ótimo em P&D.



Fonte: González et al. (2005) e Cerulli (2010), com modificações.
Nota: O ponto F indica a presença de custos fixos.

Todavia, este nível “ótimo” fornece um lucro inferior *vis-à-vis* o caso no qual a

firma não fez investimentos em P&D, $\Pi(0)$. Logo, o nível \bar{R} é visto como o ponto no qual a firma é indiferente quanto ao investimento em P&D (GONZÁLEZ et al., 2005, p. 935). Em outras palavras, $\Pi(\bar{R}) = \Pi(0)$ e \bar{R} ainda satisfaz a equação 1.3.

Por outro lado, quando a firma fizer um esforço para investir R^* , seu lucro Π^* será maior que Π_0 e Π_1 . Contudo, as firmas possuem algumas restrições que inviabilizam o financiamento deste esforço. Do ponto de vista financeiro, as firmas privadas devem lidar com restrições orçamentárias e devem avaliar o custo de oportunidade do capital para determinar seus investimentos em P&D. Se estes investimentos fornecerem pouco retorno, é possível que outra área da empresa seja melhor beneficiada, logo, existe uma diferença entre as taxas de retorno privado e os custos de oportunidade do capital para tais empresas.

Neste contexto, Hall (2002) faz uma análise do investimento em P&D partindo da condição de lucros marginais. O custo para o investidor em P&D é definido como a taxa marginal de retorno real de um investimento antes da tributação, ρ , que é necessária para fornecer um retorno r após a tributação. O investimento da firma se dará no ponto onde o produto marginal do capital utilizado para P&D (MPK) for igual à ρ :

$$MPK = \rho = \frac{1 - A^d - A^c}{1 - \tau}(r + \delta + CAM)$$

Onde, τ é alíquota do IRPJ, δ é a taxa de depreciação econômica, CAM é o custo de ajuste marginal e A^d e A^c são os valores descontados das amortizações e dos créditos fiscais, respectivamente. A partir desta abordagem, pode-se ver que o financiamento em P&D é determinado por quatro fatores principais (HALL, 2002, p. 37): i) o tratamento fiscal dado aos investimentos das empresas; ii) a depreciação δ , no caso de P&D este termo é visto como obsolescência; iii) os custos marginais de ajustar o nível

dos programas de P&D; e iv) a taxa de retorno do investidor, r .

Em especial, as empresas estão interessadas em saber o retorno, r , que terão. Os impactos destes fatores nas decisões de dispêndio em P&D dependem do tipo de investimento e da origem dos recursos alocados em tais atividades.

As diferenças entre os custos dos recursos internos e externos é uma das razões pelas quais as taxas de retorno são diferentes. Outra razão é o problema de assimetria de informações, pois o inventor possui mais informações sobre as chances de sucesso de um projeto, em relação ao investidor. A taxa r também é afetada pelo problema de risco moral, que surge quando os investidores e os gerentes das empresas têm objetivos diferentes.

A racionalidade dos gerentes das empresas, em relação à dinâmica dos incentivos, foi modelada por [Howe e McFetridge \(1976; apud DAVID et al., 2000\)](#). Nesta abordagem, as firmas avaliam racionalmente as taxas marginais de retorno (MRR, por conta do original *marginal rate of return*) e os custos marginais do capital (MCC, *marginal cost of capital*) de cada projeto de P&D para, então, decidir qual(is) realizar. Vale ressaltar que esta modelagem não considera o acesso da empresa à recursos especializados, como engenheiros e cientistas, que é um fator relevante para a determinação das duas curvas.

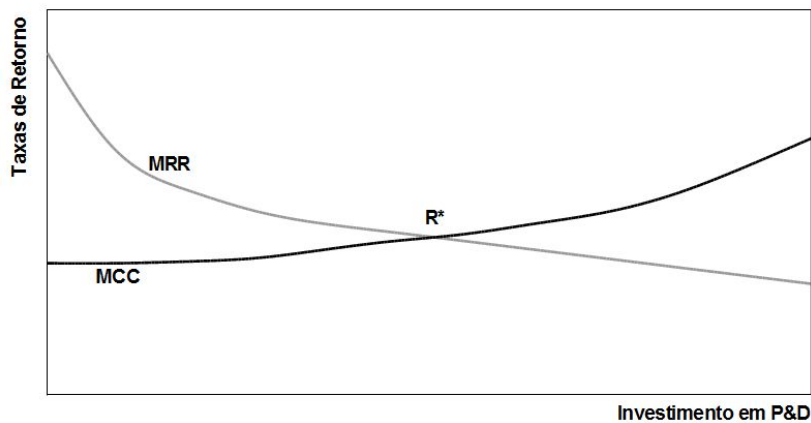
Nesta abordagem, supõe-se que os gerentes das empresas são capazes de avaliar seus projetos e ordená-los de forma decrescente, de acordo com as estimativas de retorno. As firmas decidirão por projetos que forneçam as maiores taxas de retorno à menores custos e, por conta disso, a curva MRR possui inclinação negativa (Figura 1.3)⁵. Por outro lado, a curva do custo de oportunidade (MCC) possui inclinação

⁵Os autores consideram que os projetos são infinitamente divisíveis, o que permite à curva MRR ser contínua e diferenciável.

positiva, por conta das limitações orçamentárias da firma.

Se um projeto da empresa requer investimentos elevados, ou se a empresa quer realizar vários projetos, é possível que ela não tenha capital suficiente para realizar tudo sozinha, tendo que recorrer a formas externas de financiamento (seja do estado, seja das iniciativas privadas). Como a empresa financia os primeiros projetos com seu próprio capital, a curva MCC inicia-se como uma reta e à medida que a firma busca financiamento externo esta curva apresenta inclinação positiva.

Figura 1.3: Ponto ótimo do investimento em P&D.



Fonte: David et al. (2000), com modificações.

O ponto R^* na figura representa o valor ótimo do investimento da firma em P&D, do que ela deseja maximizar seus lucros. Este valor é obtido na condição de equilíbrio onde $MCC = MRR$, contudo essas taxas dependem de outras variáveis além do investimento em P&D, como pode ser visto no modelo estrutural a seguir:

$$MRR = f(R, \mathbf{X}) \quad (1.4)$$

$$MCC = g(R, \mathbf{Z}) \quad (1.5)$$

Igualando-se as equações 1.4 e 1.5 para encontrar o ponto ótimo do investimento, R^* , obtém-se a “forma reduzida” do modelo estrutural:

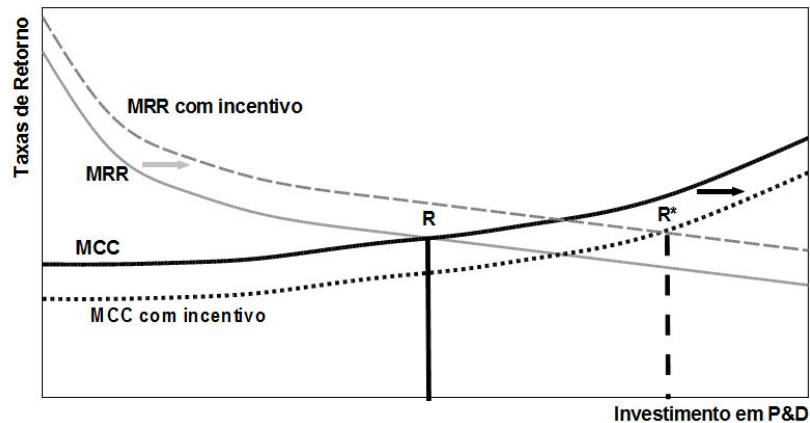
$$R^* = h(\mathbf{R}, \mathbf{Z}) \quad (1.6)$$

Onde R é gasto em P&D pela firma e \mathbf{X} e \mathbf{Z} são vetores de variáveis que afetam, respectivamente, as distribuições das taxas de retorno dos projetos e os custos marginais associados. As variáveis que estão contidas em \mathbf{X} incluem as oportunidades tecnológicas que a empresa possui, o estado da demanda do seu mercado e as condições institucionais que afetam a apropriação da inovação. O vetor \mathbf{Z} contém os instrumentos utilizados pelo governo e que afetam o custo de P&D, as condições e expectativas macroeconômicas que afetam o custo interno dos recursos, o custo do financiamento externo, a disponibilidade de mecanismos de *venture capital* e as condições do tratamento fiscal aos ganhos de capital (DAVID et al., 2000, p. 504).

Idealmente, considerando que os incentivos governamentais são exógenos, espera-se dois efeitos: diminuir os custos marginais de cada projeto e aumentar suas taxas de retorno. Tais variações levam a um deslocamento das curvas MCC e MRR para a direita o que, por sua vez, tem o efeito de mover o ponto R^* , também, para a direita. Como pode-se ver na Figura 1.4, com esse deslocamento há um aumento do dispêndio privado em P&D. Esse aumento do investimento privado, esta “adicionalidade”, é o objetivo das políticas públicas de incentivo a inovação.

Contudo, as políticas públicas têm impactos diferenciados nas curvas MCC e MRR, que podem diferir do efeito ideal. Pode existir a situação em que deslocamento de R^* se dá à esquerda. Esse resultado é conhecido como efeito de “crowding-out”, no qual o investimento privado é substituído pelos recursos públicos.

Figura 1.4: Efeito Adicionalidade dos Incentivos Públicos ao Investimento Privado em P&D.



Fonte: Elaborado pelo autor.

1.3 Mecanismos Públicos de Fomento à Inovação Tecnológica

Um governo benevolente deve avaliar os prós e contras de cada mecanismo para alavancar o investimento privado e evitar, ou ao menos diminuir, o efeito de *crowding-out*. A escolha de qual utilizar, ou do balanceamento adequado de recursos entre eles, depende do contexto nacional no qual as empresas estão inseridas. [Jaumotte e Pain \(2005a\)](#) dividem os mecanismos para estimular a inovação em cinco tipos⁶.

Neste trabalho, optou-se por uma classificação diferente para que uma avaliação de cada mecanismo pudesse ser feita no contexto do modelo 1.6. Essa classificação pode ser vista no Quadro 1.1. As características de cada mecanismo, bem como seus

⁶A saber: i) Políticas fiscais diretas, através de subsídios, subvenções ou sistema tributário; ii) Financiamento de organizações públicas de pesquisa e medidas para ligar essas organizações ao setor privado; iii) Regulação dos direitos de propriedade intelectual; iv) Disponibilização de orçamento para gastos com inovação; e v) Disponibilização de capital humano para ciência e tecnologia.

efeitos esperados nas curvas MCC e MRR, serão explanadas nas subseções a seguir.

Quadro 1.1: Principais Mecanismos Governamentais de Fomento à Inovação.

Regulação dos direitos de propriedade intelectual		
Disponibilização de capital humano para ciência e tecnologia		
Financiamento de pesquisa em instituições públicas		
Financiamento Direto	Incentivos Financeiros	Empréstimos em condições favoráveis
		Projetos Cooperativos
		Capital de Risco
		Subvenções Econômicas
		Uso do Poder de Compra do Estado
Financiamento Indireto	Incentivos Fiscais	Isenções Tributárias
		Reduções Tributárias

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de Weisz (2006, p. 16) e das idéias de Jaumotte e Pain (2005a, p. 5).

Cabe ressaltar que as avaliações qualitativas feitas aqui, não devem ser transportadas para o mundo real, mas devem ser vistas como um *benchmark*, pois o impacto de cada instrumento depende do país, das condições de mercado e dos setores nos quais as firmas estão inseridas.

1.3.1 Regulação dos Direitos de Propriedade Intelectual

O processo para desenvolver uma inovação, freqüentemente, não segue um caminho único. Sob o manto da incerteza, vários caminhos podem ser pensados para se alcançar determinado objetivo e escolha de qual caminho tomar, ou de seguir por vários, dependerá da habilidade das empresas em realizar estimativas razoáveis dos retornos e custos associados à determinado percurso.

Esta idéia pode ser estendida ao mercado competitivo, pois várias firmas podem seguir diversos caminhos e alcançar o mesmo objetivo. Com isso, o processo de inovação pode levar à duplicação e ao debate de quem é o dono (ou, pelo menos quem

descobriu primeiro) do resultado final.

Este debate surge porque os inventores - ou as empresas que investiram neles - querem deter poder de monopólio de forma a lucrar com seu trabalho, pois este é o incentivo que eles possuem para inovar. Neste contexto, a proteção à propriedade intelectual é um fator chave na definição dos incentivos à inovação visto que, ao restringirem a imitação e a duplicação, podem fornecer poderes de monopólio ao inventor (pelo menos, por um período de tempo). A justificativa para este mecanismo baseia-se no fato de que as atividades de inovação (pelo lado do inovador) são encorajadas pelo poder de monopólio e, por consequência, os benefícios sociais deste encorajamento superam os custos sociais deste poder.

Contudo, as atividades inovativas são extremamente variadas e podem ocorrer em qualquer área. Isto implica uma alta complexidade na criação de um mecanismo que englobe todas as áreas de maneira satisfatória. Formalmente, alguns mecanismos utilizados são as patentes (para inovações), as marcas registradas (*trademarks* - para distinguir produtos de determinada empresa) e os direitos autorais (*copyright* - nos casos de obras literárias e artísticas). Informalmente, as empresas podem manter segredo sobre seus processos produtivos ou desenvolver um processo eficiente que forneça um *lead-time* maior⁷.

Como cada mecanismo de propriedade intelectual pode incorrer em diferentes efeitos econômicos, optou-se estimar apenas o impacto das patentes nas curvas MCC e MRR. A justificativa para tal escolha pode ser vista no trabalho de [Jaumotte e Pain \(2005b\)](#), no qual os autores utilizaram dados de diversos países para mostrar que, dentro do campo da inovação tecnológica, as patentes são instrumentos de proteção mais

⁷Mais detalhes sobre os instrumentos de propriedade intelectual podem ser vistos em [Ramello \(2011\)](#), [Jaumotte e Pain \(2005b\)](#), [Jaumotte e Pain \(2005a\)](#), [Scotchmer \(1991\)](#).

utilizados.

Mesmo olhando apenas para as patentes, seus efeitos esperados são difíceis de avaliar qualitativamente. Acredita-se que as patentes forneçam um aumento da taxa de retorno dos projetos, uma vez que os proprietários terão, por um tempo, poderes de monopólio. Porém, o processo de obtenção e manutenção é demorado e custoso (ZEEBROECK, 2011, p. 34), o que teria um efeito negativo na curva MCC. Portanto, o efeito líquido da variação de R^* é pequeno, mas positivo.

Deve-se observar que os direitos de propriedade intelectual podem não ser os mecanismos ideais quando a pesquisa realizada serve de insumo para projetos maiores. Neste caso, outros mecanismos como o financiamento de instituições públicas com suporte à interligação com o setor produtivo são mais adequados.

1.3.2 Financiamento de Pesquisa em Instituições Públicas

Grande parte da pesquisa básica é realizada em instituições públicas de ciência e tecnologia (ICT) como universidades, laboratórios de pesquisa e outras organizações que não visam o lucro. Isso ocorre porque, como visto anteriormente, este tipo de pesquisa não tem um objetivo definido e, muitas vezes, o investidor privado não consegue apropriar devidamente os resultados dessas atividades, uma vez que o conhecimento gerado por este tipo de pesquisa serve como base para outras empresas desenvolverem suas inovações.

Com as dificuldades de se patentear os resultados desse tipo de pesquisa, não há garantias de retorno privado e se levarmos em consideração que a transformação de um produto/processo em algo comerciável a partir da pesquisa básica demora um certo tempo e, portanto, não traz benefícios a curto prazo para as empresas, acredita-se que

as firmas privadas não têm incentivos para investir neste tipo de pesquisa, justificando a ação do Governo.

O conhecimento gerado nas ICT's (que não se limita a pesquisa básica), e compartilhado com o setor privado, é importante para reduzir os custos de outros projetos que envolvem uma perspectiva de lucros mais realista. Um resultado privado obtido a partir destes incentivos públicos é baseado na racionalidade de que para acessar, absorver e desenvolver o conhecimento gerado pelas ICT's, as empresas privadas devem investir em suas áreas internas de P&D.

Com um setor de P&D interno melhor desenvolvido, acredita-se que as empresas sejam capazes de avaliar e realizar seus projetos de forma mais produtiva, o que aumentaria suas taxas de retorno e diminuiria seus custos. Em outras palavras, espera-se que esta "injeção" de conhecimento nas empresas tenha o efeito, ao longo do tempo, de deslocar as curvas MCC e MRR para a direita, o que aumenta o investimento privado em P&D.

Contudo, este investimento pode ter um efeito negativo nas empresas. Supõe-se, no curto prazo, que a oferta de pesquisadores e engenheiros é fixa. Logo, se há grande investimento em pesquisa pública, então haverá grande demanda por estes profissionais por essas instituições. Com a demanda aquecida, as empresas terão que pagar salários maiores para trazer ou manter este pessoal qualificado em seu quadro de recursos humanos, o que acarreta um aumento em seus custos.

Apesar de conseguir uma maior taxa de retorno dos projetos com esses profissionais, isso ocorrerá em um horizonte temporal mais longo, porém os dispêndios para mantê-los são imediatos. Assim, *a priori* observa-se um parco investimento em P&D, uma vez que a curva MCC movimenta-se para a esquerda.

Com o tempo, a curva MRR irá se deslocar para a direita, mas é possível que

seu deslocamento não seja o suficiente para compensar o efeito negativo da MCC. O resultado disso é que o Governo não deve investir somente em pesquisas nas instituições públicas, mas deve se preocupar em disponibilizar profissionais qualificados para atender às demandas, também, do setor privado.

1.3.3 Disponibilização de Capital Humano para Ciência e Tecnologia

Seja na pesquisa básica, ou no desenvolvimento experimental, engenheiros e cientistas são determinantes no desenvolvimento (ou aprimoramento) de inovações. Contudo, adquirir este conhecimento demanda anos de aprendizado e experiência, de modo que as políticas públicas para suporte à inovação devem considerar esta oferta inelástica, pelo menos no curto prazo, na definição de seus instrumentos de incentivo.

Como colocado por [Sheehan e Wyckoff \(2003; apud JAUMOTTE; PAIN, 2005a, p. 20\)](#), só será observado um aumento do investimento nacional em P&D se houver crescimento e capacitação da mão-de-obra científica. Nesse sentido, a OCDE ([OECD, 2004](#)) delimita nove mecanismos que o Governo pode utilizar para encorajar estudantes a ingressar nessas atividades. Tais mecanismos são diferenciados para os setores que produzem o conhecimento e para os que o absorvem.

Para aumentar o número de estudantes nas áreas tecnológicas, algumas iniciativas vêm sendo utilizadas com sucesso por alguns países da OCDE ([OECD, 2004, p. 161-163](#)), quais sejam: i) aumentar o interesse e o conhecimento da ciência através de eventos relacionados (e.g., museus e feiras de ciência); ii) melhorar a qualidade dos professores, aumentar seus salários e recrutar professores com mestrado e doutorado para dar aulas no ensino médio; iii) revisão curricular, tanto da graduação, quanto da

pós, de forma a estabelecer vínculos mais apropriados com o setor produtivo e fornecer profissionais com o conhecimento demandado pelo mercado de trabalho; iv) utilizar mecanismos para equalizar as oportunidades e ganhos de trabalho nessas áreas, de forma a recrutar mulheres e outros grupos subrepresentados; e v) aumentar o financiamento de estudantes de doutorado ou pós-doutorado, de modo que eles continuem a trabalhar nas áreas de pesquisa.

Do mesmo modo, o Governo deve utilizar políticas para incentivar a demanda por parte das empresas, pois alguns estudantes podem não encontrar emprego nessas áreas após formados ou encontrarem setores mais atrativos (com planos de carreira ou salários maiores). Tais políticas incluem: i) o incentivo à mobilidade de jovens pesquisadores, de modo que essa mobilidade permita o equilíbrio de mercado; ii) aumentar a atratividade do emprego como pesquisador público; iii) iniciativas para fazer com que este emprego seja mais flexível, permitindo ao pesquisador trabalhar um período nas instituições privadas e outro nas públicas; e iv) aumentar a disponibilidade de informações sobre o mercado de trabalho que os jovens pesquisadores terão, para que os próximos mestres e doutores tenham conhecimento sobre as carreiras fora da academia.

Essas medidas, mesmo que não sentidas no curto prazo, são importantes para aumentar e equilibrar as pressões de oferta e demanda por pessoal capacitado. As empresas com empregados mais qualificados têm maiores chances de obter sucesso com seus investimentos em P&D e possuem maiores chances de desenvolverem novas oportunidades tecnológicas. Logo, espera-se um efeito positivo na curva MRR, no longo prazo. Contudo, como estes efeitos são dinâmicos, é complicado avaliar seus impactos de forma qualitativa.

Uma vez que cerca de 40-60% do montante investido privadamente em P&D é

utilizado para pagamento de salários de cientistas e engenheiros (DOUGHERTY et al., 2007, Tabela 10.3), entende-se melhor por que o investimento em P&D diferencia-se de outros tipos de investimento. A implicação destes gastos é que o dispêndio empresarial em P&D comporta-se como se tivesse um custo de ajuste elevado, dado que as firmas, para manter tais empregados, diluem esse dispêndio ao longo do tempo. Esse comportamento pode elevar o valor de equilíbrio da taxa de retorno da P&D como forma de cobrir esses custos e dificulta a avaliação dos impactos de uma mudança no custo do capital no curto prazo, por conta da fraca resposta do investimento a quaisquer mudanças em seus custos (HALL, 2002).

Um aumento na renda relativa dos cientistas e engenheiros deve provocar um aumento na elasticidade da oferta de trabalho no longo prazo, porém deve ocasionar uma redução na quantidade de trabalho no curto prazo. O tamanho da elasticidade da demanda por trabalho determinará se essa redução irá aumentar ou diminuir os investimentos privados em P&D (DAVID; HALL, 2000). Para evitar que a redução do investimento privado por conta do aumento de salários, o governo pode incentivar esse dispêndio através de mecanismos indiretos, como a diminuição o imposto sobre a remuneração desses pesquisadores.

1.3.4 Mecanismos Indiretos de Financiamento

Os mecanismos indiretos são caracterizados, tipicamente, como incentivos fiscais e têm um efeito de reduzir os custos de realizar P&D, pois funcionam no sentido de “aliviar” a carga tributária dessas atividades (por exemplo, ao zerar a alíquota dos impostos sobre os salários dos pesquisadores). Com essa redução, a curva MCC move-se para a direita, o que, por sua vez, reduz a probabilidade de *crowding-out* (JAUMOTTE;

[PAIN, 2005a](#)). Um dos pontos positivos desse tipo de política é o fato de não discriminar setores e permitir às empresas selecionarem a alocação ótima dos seus recursos, de forma a melhorar o desempenho de seus projetos inovadores.

Os incentivos fiscais podem ser divididos em descontos tributários, créditos fiscais ou benefícios fiscais ([OECD, 2003](#), p. 12). Os descontos tributários fornecem um período maior para o pagamento dos impostos, através de processos como a amortização. Os benefícios fiscais são descontos mais que proporcionais aos gastos em P&D da firma. Essa isenção é feita na receita bruta, de forma a diminuir o valor final, no qual o governo incidirá os impostos. Já os créditos tributários são montantes que podem ser reduzidos do valor tributário devido pela empresa. Nesta modalidade, dependendo do país, pode-se reduzir os impostos sobre os salários dos trabalhadores das áreas de P&D e/ou permitir a depreciação acelerada dos bens utilizados nos projetos de inovação.

Cada um destes mecanismos incide de maneira diferente nas firmas e, quando feitos de maneira apropriada, estes instrumentos fornecem menores custos de administração para o governo, porém a renúncia fiscal diminui sua receita orçamentária ⁸. Como esta incidência é heterogênea, dependendo de como forem construídos, os incentivos fiscais podem deixar de lado algumas empresas. Se o “alívio” tributário incidir sobre os lucros reais, empresas de micro e pequeno portes, que geralmente pagam impostos sobre o lucro presumido, não se beneficiariam. Além disso, as empresas pequenas

⁸Existem três formas nas quais os instrumentos de crédito e benefícios podem ser aplicados em determinado ano: i) sobre o gasto total da firma em P&D; ii) sobre o gasto incremental em P&D; e iii) na combinação dos dois anteriores ([OECD, 2003](#)). O sistema de gasto total possui a desvantagem de ser extremamente custoso para o Estado, em termos de renúncia fiscal. Por outro lado, ao utilizar esse método, o governo almeja incentivar todas as empresas, sem restrição de porte ([AZÚA, 2007](#); *apud* [BAGATTOLLI, 2009](#)).

Em relação ao gasto incremental, se este exceder o investimento em P&D realizado no ano base (que também terá uma parcela abatida), terá abatimento tributário maior. No sistema misto, tenta-se encontrar um equilíbrio entre os métodos anteriores, de forma que não fique tão oneroso para o governo e que beneficie os dois tipos de investimento.

e médias, na maioria dos casos, não conseguem usufruir dos incentivos relacionados aos gastos incrementais por não terem recursos crescentes para aplicar nas atividades iniciais de pesquisa.

Além disso, os mecanismos fiscais possuem limitações - tanto piso, quanto teto - em relação ao percentual ou ao total gasto em P&D que podem ser deduzidos. Geralmente, o total de benefícios fiscais que exceder o limite permitido em determinado ano fiscal pode ser utilizado nos exercícios seguintes para compensar as atividades futuras de P&D, utilizando-se os mecanismos de *carry-forward*.⁹ Outra forma de compensação é feita através do mecanismo de *carry-back*, no qual a quantidade excedida pode ser utilizada para diminuir o valor das responsabilidades fiscais dos anos anteriores.

Pela variedade de formas que podem ser utilizados pelas empresas, pode-se dizer que os instrumentos fiscais dependem do comportamento do mercado (ARAÚJO, 2011b), pois as firmas ficam encarregadas de selecionar os projetos que serão beneficiados por tais mecanismos. Por esta característica, projetos com altas taxas de retorno social, com longos prazos de maturação e/ou com forte efeito de transbordamento podem não ser favorecidos pelos créditos fiscais. Desta forma, acredita-se que estes incentivos alteram a composição do P&D privado e favorecem projetos com retorno alto e rápido (DAVID et al., 2000), ou seja, também têm um efeito de elevar, pelo menos no curto prazo, a curva MRR.

Outro ponto relacionado à variedade de formas de uso destes instrumentos é a dificuldade em se avaliar diretamente seus impactos no dispêndio privado. Para se medir o preço fiscal da P&D e homogeneizar as avaliações, foi criado o “B-Index”. Tal índice “mede a receita bruta necessária para cobrir o custo inicial da P&D e também

⁹Certos países, tais como França, Alemanha e Inglaterra, possuem um período indefinido para uso do *carry-forward*, enquanto países como Grécia, Itália e Argentina definem períodos mais curtos, de três a cinco anos (EDGERTON, 2010).

pagar o imposto de renda pessoa jurídica”(ARAÚJO, 2011a), e fornece uma avaliação simples de seu resultado. Se o índice for menor que 1, o sistema fiscal do país é favorável à P&D. Por outro lado, se o valor obtido for maior que 1, as empresas não possuem um sistema tributário que incentiva tais atividades.

1.3.5 Mecanismos Diretos de Financiamento

Além dos mecanismos indiretos de financiamento, o Governo possui instrumentos para estimular diretamente o investimento privado. As políticas de financiamento direto à P&D permitem um maior controle e direcionamento dos recursos públicos, com o intuito de alavancar o investimento privado e tentar diminuir o espaço entre as taxas de retorno social e privado. Outras características desse tipo de mecanismo são a continuidade e estabilidade temporal de seus recursos, pois se há um ambiente incerto com possibilidade de interrupção do financiamento, a chance de sub-investimento será maior.

Críticas aos mecanismos diretos envolvem situações nas quais o Estado delega ao agente privado que este faça P&D em determinada área em troca de recursos, mas os objetivos do Estado podem não estar em conformidade com os objetivos das firmas privadas, o que levaria à um “produto final” diferente do contratado. Nesse problema de risco moral, as firmas podem priorizar seus objetivos e canalizar os recursos subsidiados em projetos que forneçam elevado retorno privado, realizando os projetos acordados com os recursos remanescentes.

Há, também, o problema de seleção adversa quando o Estado não tem informações suficientes sobre os resultados esperados dos projetos, ou mesmo sobre as competências das firmas para realizá-los. Nessas situações, o Estado pode seguir a estratégia de

selecionar sempre empresas líderes (*picking the winner*), sem deixar as menores se desenvolverem. Por conta desses problemas de “agente-principal” relacionados à essas assimetrias de informação, as soluções encontradas serão subótimas para os envolvidos. Por conta destes problemas, este tipo de política é mais burocrática, pois depende da criação de um comitê para identificação de projetos que forneçam bons resultados (estimados), avaliação e acompanhamento dos mesmos.

A identificação e direcionamento dos projetos, além de incentivar empresas pequenas, permitem um maior controle do Estado quanto às áreas de pesquisa, de modo a direcionar os investimentos em P&D para setores que são de interesse nacional, como defesa e saúde (BAGATTOLLI, 2009). De forma geral, os mecanismos à disposição do governo para incentivar diretamente o investimento privado são: empréstimos em condições favoráveis, projetos cooperativos, capital de risco, subvenções e uso do poder de compra do estado.

Ao subsidiar as taxas de juros dos empréstimos tomados pelas empresas, o governo pretende diminuir o custo do capital externo e “suavizar” a curvatura da MCC. Ao utilizar este mecanismo, o custo marginal do capital será menor e as empresas podem adquirir mais recursos e alavancar seus investimentos em P&D.

Os projetos cooperativos são uma forma de unir as universidades e institutos de pesquisa com o setor produtivo. É provável que as empresas que realizam parcerias com instituições públicas que recebem mais recursos para pesquisa adquiram maiores benefícios dessa união, ao gerar mais conhecimento, *vis-à-vis* aquelas que apenas absorvem informações. Na maioria das cooperações, o custo do projeto é dividido entre as duas partes, movendo externamente a curva MCC, e os direitos comerciais são fornecidos à firma, deslocando a curva MRR na mesma direção.

As compras governamentais são contratos entre o setor público e empresas pri-

vadas para desenvolver algo com características específicas. Esses contratos podem sinalizar ao mercado, como um todo, qual será a demanda futura por tais bens e podem elevar as taxas marginais de retornos dos produtos/processos nesses mercados. Ademais, estes contratos podem aumentar a eficiência do P&D das firmas, bem como aumentar as chances de sucesso de outros projetos que a firma possui (DAVID et al., 2000). Nessas situações, os efeitos esperados são o de aumentar a receita ou diminuir os custos dos outros projetos da empresa. O resultado disso é um deslocamento externo da curva MRR.

Especialmente para empresas pequenas, os contratos governamentais, juntamente com o capital de risco, auxiliam as empresas a superarem os custos iniciais e os custos irrecuperáveis (*sunk costs*). Com uma diminuição dos custos fixos das empresas, esses mecanismos diminuem os custos de oportunidade do capital e, portanto, deslocam a curva MCC para a direita.

As subvenções são recursos disponibilizados, normalmente, de forma competitiva no mercado e não implicam um compromisso de aquisição pelo estado (DAVID et al., 2000, p. 505). Geralmente esses recursos são reembolsáveis na forma de pagamentos periódicos ou a partir de um percentual dos *royalties*. Com estes recursos, espera-se que as firmas se tornem mais eficientes ao realizar P&D e aprimorem sua avaliação quanto às taxas de retornos de seus projetos, o que leva a um movimento externo da curva MRR.

Os efeitos esperados desse tipo de instrumento, em um caso no qual a empresa possui restrições financeiras (MCC perfeitamente inelástica), são os de diminuir os custos de oportunidade da firma e aumentar seu investimento em P&D no mesmo montante recebido. Quando a firma possui curva MCC positivamente inclinada, os recursos deslocam essa curva para um nível de R^* cuja distância do valor original é menor que

o valor subvencionado. No caso extremo no qual a empresa possui custo marginal do capital perfeitamente elástico, os recursos têm efeito de diminuir os custos internos de capitais externos, porém sem modificar os níveis de investimento das firmas. Quando isto ocorre, a política não atinge os objetivos a que se propõe e há o efeito de *crowding-out*.

1.4 Avaliações de Impacto dos Fomentos Diretos à P&D

Com o crescente volume de recursos disponibilizados para instrumentos diretos de apoio à inovação nas empresas, torna-se cada vez mais necessário avaliar tais políticas. Os métodos para se realizar estas avaliações são variados e têm se aperfeiçoado ao longo dos anos e, basicamente, são utilizados para fornecer respostas a três grandes “questões” dentro deste contexto, ou seja, deseja-se (HECKMAN, 2010):

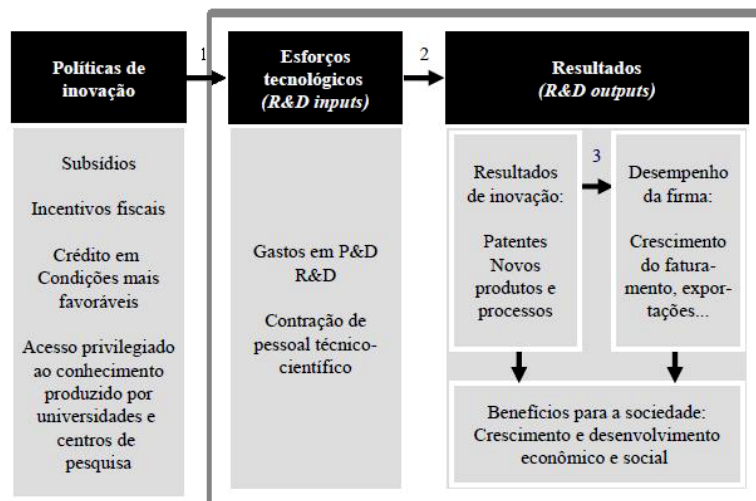
- Q1. Verificar indicadores de resultados para avaliar os impactos de intervenções, inclusive seus efeitos sobre o bem-estar social;
- Q2. Avaliar os impactos de intervenções realizadas em um ambiente e tentar prever seus impactos em um ambiente diferente; e
- Q3. Prever os impactos de intervenções nunca realizadas, incluindo seus impactos sobre o bem-estar social.

Dessa maneira, a lógica para a existência dos incentivos baseia-se nos impactos positivos de tais intervenções no bem-estar da sociedade, mas, por conta das externalidades que este tipo de atividade incorre, a impossibilidade de avaliar tais benefícios sociais se faz presente.

Dentro do contexto de dispêndios em P&D o objetivo geral das avaliações é verificar se os incentivos governamentais têm um efeito de estimular o investimento privado em P&D. Neste âmbito, sabe-se que cada firma possui efeito individual que a diferencia das demais e que impacta tanto em seus esforços tecnológicos (indicadores de 1ª ordem), quanto nos resultados destes esforços (indicadores de 2ª e 3ª ordens).

A partir da Figura 1.5, pode-se ver que estimar os efeitos de primeira ordem significa avaliar os indicadores de dispêndio em P&D e de contratação de pessoal técnico-científico. Já os indicadores de segunda ordem servem para mensurar os indicadores de resultado das firmas, seja através do número de patentes ou da probabilidade de criar um produto novo. Os efeitos de terceira ordem são medidos em relação ao desempenho das empresas, a partir da avaliação de sua produtividade ou do aumento de seus lucros (MOHNEN; LOKSHIN, 2009; ARAÚJO et al., 2010).

Figura 1.5: Estrutura lógica das pesquisas sobre impactos de políticas de inovação nas empresas.



Fonte: Araújo et al. (2010, p. 5).

A maioria dos trabalhos escritos na última década e revisados neste capítulo concentra-se em avaliar os impactos dos instrumentos diretos nos esforços tecnológicos das empresas (indicadores de 1ª ordem - seta 1 da Figura 1.5). O impacto medido nestes trabalhos refere-se às mudanças no volume de investimento privado em P&D, de forma que as políticas públicas de apoio à inovação serão eficazes se as empresas continuarem com os níveis de investimento anteriores e usarem o apoio do Governo para fazer mais P&D, gerando o efeito adicionalidade. Conseqüentemente, as políticas serão ineficazes se houver *crowding out*, seja ele completo ou parcial. No caso parcial, as empresas substituem apenas parte dos seus gastos e no caso completo, as empresas substituem 100% dos gastos em P&D pelo montante oferecido pelo Governo.

Segundo [Mohnen e Lokshin \(2009\)](#), testar para adicionalidade é a maneira mais comum de verificar se uma política de incentivo é bem sucedida. Entretanto, avaliar este efeito não é suficiente para demonstrar a “qualidade” da política e, portanto, deve-se avaliar, também, os efeitos de segunda e terceira ordens (setas 2 e 3 da Figura 1.5, respectivamente).

Um dos pontos mais importantes para que estes efeitos sejam mensurados é a definição de contrafactuais, isto é, a descrição de unidades observacionais que forneçam resultados em um ambiente hipotético. Essa definição é necessária porque é impossível observar na mesma unidade, nos mesmos períodos de tempo, dois resultados diferentes. Este argumento é conhecido como o “problema fundamental da inferência causal” ([HOLLAND, 1986](#), p. 947) e, para contornar tal problema, existem duas literaturas que possuem métodos distintos para definir os contrafactuais: a literatura de modelos estruturais e a de modelos de avaliação de impacto ([HECKMAN, 2010](#), p. 359-360).

A escola de modelos estruturais defende que a definição e identificação dos contrafactuais deve ser baseada no tripé que relaciona a teoria econômica, os métodos estatísticos e os dados disponíveis (HECKMAN; VYTLACIL, 2007). De forma geral, o objetivo dessa literatura é compreender a causa dos efeitos das intervenções, de modo que versões empíricas dos modelos teóricos (conhecidos como modelos reduzidos) são estimadas para responder às questões *Q1*, *Q2* e *Q3*. Um dos pontos positivos dessa modelagem é a distinção feita em relação aos resultados esperados *ex-ante* e *ex-post* aos incentivos, o que é importante para compreender o comportamento dos agentes no contexto de investimento em P&D, uma vez que o ambiente de incerteza dificulta a decisão de investir baseando-se em uma avaliação *ex-post* dos resultados esperados. Entretanto, opositores à essa abordagem argumentam que modelos completamente estruturados são difíceis de serem estimados computacionalmente, além de serem muito dependentes da forma funcional especificada, serem pouco transparentes e possuírem dificuldades relacionadas às análises de sensibilidade e replicação de seus resultados (HECKMAN, 2010).

Os modelos da literatura de avaliação de impacto também são conhecidos como “modelos não estruturais”, e partem do princípio de que as definições de contrafactuais partem de métodos estatísticos de aleatorização e não da teoria econômica. Ademais, tais modelos focam nos “efeitos” dos tratamentos, nos problemas de endogeneidade (o volume dos recursos públicos influenciam o dispêndio privado e vice-versa) e no mecanismo de auto-seleção (a empresa decide se vai solicitar o apoio ou não). Apesar da sua transparência e facilidade de replicação, uma das críticas a esses modelos é que não procuram obter parâmetros para modelos formulados a partir da teoria econômica (as “causas dos efeitos”), mas desejam obter os “efeitos das causas” (HOLLAND, 1986, p. 945).

Quadro 1.2: Quadro-resumo das características e críticas dos modelos estruturais e não estruturais.

		Modelos	
		Estruturais	Não Estruturais
Características		<ul style="list-style-type: none"> • Associam os dados disponíveis e os métodos estatísticos à teoria econômica, para definir os contrafactuais; • As suposições econômicas permitem realizar inferências sobre como o comportamento dos agentes afeta as relações entre as variáveis; • Faz distinção entre resultados <i>ex-ante</i> e <i>ex-post</i>; • Fornecem estimativas para compreender a causa dos efeitos das intervenções. 	<ul style="list-style-type: none"> • Usam métodos estatísticos de aleatorização para definição dos contrafactuais; • Focam nos problemas de endogeneidade e auto-seleção; • Estimam o impacto das intervenções; • Métodos transparentes e de fácil replicação.
	Críticas	<ul style="list-style-type: none"> • Complicada estimação computacional dos modelos completamente estruturados; • Métodos pouco transparentes; • Difícil fazer análises de sensibilidade e replicação dos resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não procuram obter parâmetros de modelos formulados de acordo com a teoria econômica; • Estimativas <i>ex-post</i>; • Fornecem estimativas para compreender o efeito das causas das intervenções.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Outra forma de observar as diferenças em cada metodologia (além das apontadas no Quadro 1.2) é a partir da seguinte estrutura: sejam Y_0 e Y_1 os valores observados da variável de interesse (aqui, seria o dispêndio em P&D), sendo que “0” é o estado do agente econômico que não foi afetado pela política pública (sem tratamento, ou controlado) e, do mesmo modo, “1” corresponde ao caso no qual recebeu recursos públicos (tratado). Como os valores observados de Y_0 e Y_1 podem não ser valores retirados de forma aleatória da distribuição dos possíveis valores $Y_{(0)}$ e $Y_{(1)}$, o que causa a condição conhecida como “problema de seleção”, há uma preocupação em

utilizar tais valores nas estimativas. Dessa forma, os modelos das duas abordagens trabalham com os valores esperados $Y_{(0)}$ e $Y_{(1)}$.

Defina, então, uma condição qualquer D que, se ativa, faz com que o possível resultado obtido pelo agente seja $Y_{(1)}$. Do mesmo modo, se esta condição não estiver ativa, o possível resultado será $Y_{(0)}$. De forma simplificada, um dos pontos que diferencia os modelos estruturais dos não estruturais é a forma como D é definida (HECKMAN; VYTLACIL, 2007), sendo que esta definição também influencia a identificação e a inferência das relações causais em cada abordagem.

A abordagem estrutural tenta modelar a escolha dos agentes por D , a qual depende do possível resultado $Y_{(1)}$, cuja estimativa também é modelada a partir da teoria econômica, enquanto a literatura de avaliação de impacto considera que a definição de D é aleatória ou pode ser aleatorizada. De forma mais geral, Reiss e Wolak (2007, p. 4284) definem que a diferença entre as duas abordagens é o quanto deixam claras as conexões entre as suposições (sejam elas estatísticas, econômicas e/ou institucionais) e suas relações estimadas. Além disso, segundo Heckman (2010, p. 364) a literatura de avaliação de impacto busca estimar resultados *ex-post*, enquanto a abordagem estrutural possibilita avaliar os resultados antes e depois das intervenções.

No contexto de modelos estruturais, dentre os trabalhos que avaliam o comportamento do investimento em P&D, dados os incentivos governamentais, os principais métodos utilizados são os modelos de variáveis instrumentais e os modelos de seleção. Na literatura de avaliação de impacto, os métodos mais comuns utilizam técnicas de diferenças em diferenças (ou sua variação de efeitos fixos) e/ou métodos de pareamento (Quadro 1.3).

Os testes de adicionalidade podem ser realizados tanto na abordagem estrutural, quanto na forma de avaliação de impacto, se consideradas as devidas limitações de

cada metodologia. [David et al. \(2000\)](#) fazem uma revisão dos trabalhos que avaliam a adicionalidade dos incentivos à P&D até o ano 2000. Em relação aos 14 artigos produzidos utilizando dados à nível da firma¹⁰, os resultados são conflitantes. Entretanto, a maioria das técnicas utilizadas não levava em consideração os problemas de endogeneidade e de heterogeneidade não observada. Mesmo entre os que consideram tais problemas, as evidências não mostram uma anuência quanto à relação de substituição ou complementariedade dos incentivos.

Quadro 1.3: Comparação entre modelos estruturais e de avaliação de impacto

		Modelos	
		Estruturais	Avaliação de Impacto
Métodos Comuns	Definição de “D”	Modela a escolha dos agentes por “D”, a qual depende da expectativa do resultado final.	A definição de “D” é aleatória ou pode ser aleatorizada.
		Modelos com Variáveis Instrumentais; Modelos de Seleção.	<i>PSM</i> ; Diferenças em Diferenças; Efeitos Fixos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Não obstante, este não é uma característica exclusiva dos trabalhos “pré-2000”, como será apresentado nas seções subseqüentes e visto em [Aschhoff \(2009\)](#). Em outras palavras, a maioria dos trabalhos da última década rejeita a hipótese de *crowding-out* completo, mas também não há um consenso.

¹⁰Sendo que 9 utilizaram dados dos EUA e 5 utilizaram de outros países (Canadá, Bélgica, Itália, Espanha e Finlândia).

Para fornecer uma melhor organização dos artigos revisados, optou-se por classificar os trabalhos segundo suas abordagens e técnicas utilizadas. Em relação à abordagem, os trabalhos foram separados entre aqueles que seguem uma abordagem estrutural e os que seguem a abordagem de avaliação dos impactos dos tratamentos. Dentro de cada abordagem, os artigos foram divididos segundo as técnicas que utilizam para avaliar as relações de causalidade. Ao final da seção, será apresentado um quadro-resumo dos trabalhos revisados, para facilitar comparações.

1.4.1 Modelos Estruturais

Os modelos estruturais podem ser usados para definir contrafactuais e para simular mudanças em determinados ambientes econômicos. Além disso, podem ser utilizados para estimar parâmetros econômicos (ou comportamentais) não observados, tais como custos marginais, retornos de escala, o impacto de uma mudança em uma variável exógena no resultado estimado, entre outros.

Essa abordagem utiliza suposições econômicas e estatísticas para identificar as relações de causa e efeito entre variáveis. As suposições econômicas permitem fazer inferências sobre como o comportamento dos agentes afeta as relações entre as variáveis. Porém, nem tudo pode ser explicado economicamente e uma estrutura estatística deve ser adicionada ao modelo. Tal estrutura pode afetar os métodos de mensuração utilizados e os resultados obtidos (REISS; WOLAK, 2007).

Basicamente, a construção de modelos estruturais parte do trabalho de Roy (1951), no qual a teoria econômica define o conjunto de possíveis contrafactuais. Embora não definido explicitamente através de fórmulas matemáticas no artigo de 1951, o modelo de Roy pode ser definido (e generalizado) na forma apresentada por Heckman

(2010). Neste modelo, os agentes possuem dois resultados possíveis, $Y_{(0)}$ e $Y_{(1)}$, cuja distribuição conjunta é dada por $F_{Y_{(0)},Y_{(1)}}(y_0,y_1)$. Os resultados y_0 e y_1 são valores particulares das variáveis aleatórias Y_0 e Y_1 .¹¹

Os valores observados de Y_0 e Y_1 podem ocorrer por conta de escolhas dos agentes e não por serem valores obtidos a partir de amostras aleatórias da distribuição dos possíveis valores $Y_{(0)}$ e $Y_{(1)}$. Sendo assim, define-se uma variável indicadora de tratamento, D , a qual o agente escolhe se os benefícios esperados forem maiores que os benefícios caso não seja tratado. Logo, D é

$$D = 1(Y_{(1)} > Y_{(0)})$$

No contexto de investimento em P&D, a variável D determina a solicitação de apoio público, que ocorrerá se o *payoff* de investir em P&D com algum instrumento do Governo for maior que o *payoff* do investimento sem o apoio. Esse tipo de análise ocorre porque, geralmente, os projetos de P&D devem passar por uma banca examinadora antes de serem selecionados para receber os incentivos. Como, em algumas situações, os critérios de seleção não são muito claros, algumas empresas criam departamentos para trabalhar apenas nas propostas de projetos, com o intuito de desenvolver documentos que expliquem melhor os pontos de interesse e facilitem sua aceitação pela agência governamental.

Como estimativas dos resultados *ex-post* de investimentos em P&D ($Y_{(1)},Y_{(0)}$) são, um tanto, incertas, as empresas tomam as decisões de investir em um contexto de informação imperfeita. Considere, então, que \mathcal{I} é a informação que estes agentes possuem sobre os ambientes econômicos e mercadológicos no qual estão inseridos, e

¹¹A partir daqui, define-se “0” como o estado no qual a observação não recebeu o apoio (controle) e, do mesmo modo, “1” corresponderá ao caso no qual recebeu (tratado).

que seus benefícios esperados, I_D , são dados por

$$I_D = E(Y_{(1)} - Y_{(0)} | \mathcal{I}) \quad (1.7)$$

Logo, a equação de decisão é dada por

$$D = 1(I_D > 0) \quad (1.8)$$

As decisões dos agentes são baseadas nas avaliações dos resultados *ex-ante*, dados valores esperados dos *payoffs*, calculados a partir das informações que possuem, $E(Y_{(0)} | \mathcal{I})$ e $E(Y_{(1)} | \mathcal{I})$. A avaliação subjetiva *ex-ante* é I_D e a avaliação subjetiva *ex-post* é $(Y_{(1)} - Y_{(0)})$ (HECKMAN, 2010).

Existem diversas técnicas para se estimar $Y_{(0)}$, $Y_{(1)}$, definir contrafactuais e responder às questões $Q1$, $Q2$ e $Q3$. As principais utilizadas no contexto de avaliação dos instrumentos de fomento à P&D são: modelos com variáveis instrumentais, modelos de seleção e modelos de competição perfeita.

O desafio inerente ao uso de variáveis instrumentais é justificar teoricamente a escolha por determinado instrumento. Por isso, poucos trabalhos lidam com essas técnicas. No início da década, Wallsten (2000) utilizou tal ferramenta e avaliou a eficácia do programa SBIR (*Small Business Innovation Research* - um programa de auxílio às pequenas empresas dos EUA), de forma a determinar se o programa encoraja o investimento em projetos de P&D “marginais” (que possuem um efeito social positivo, mas fornecem prejuízos às empresas.) A população estudada era constituída por firmas que tiveram acesso ao SBIR, firmas que tentaram acesso e não conseguiram, e firmas que não tentaram.

O programa SBIR funciona com duas fases de liberação de recursos. Uma vez que as firmas decidem aplicar, pedem incentivos para a Fase 1, que tem montantes de até

US\$ 100 mil, para “determinar o mérito e a viabilidade técnica e científica da idéia” (WALLSTEN, 2000, p. 85, tradução livre do original em inglês). As agências analisam as propostas dos projetos de P&D dessa fase e decidem quais apoiar. Para cada projeto escolhido na Fase 1, as empresas podem aplicar para a segunda fase do programa, na qual os valores dos incentivos podem chegar a até US\$ 750 mil para que a empresa possa “desenvolver melhor a ideia”. Dado que as empresas estão aptas, decidem o quanto investir privadamente em P&D ¹². Esse mecanismo pode ser visto no sistema abaixo:

$$\# \text{ Incentivos na Fase 1} = \alpha_1 + \delta_1 X_1 + \lambda_1 Z_1 + \phi_1 G_1 + \phi * \text{orçamento} + \varepsilon_1 \quad (1.9)$$

$$\# \text{ Incentivos na Fase 2} = \alpha_1 + \delta_2 X_1 + \lambda_2 Z_1 + \phi_2 G_1 + \phi * \text{orçamento} + \varepsilon_2 \quad (1.10)$$

$$y = \alpha + \beta * \text{incentivo} + \mathbf{X}'\boldsymbol{\gamma} + \mathbf{Z}'\boldsymbol{\lambda} + \mathbf{G}'\boldsymbol{\delta} + \varepsilon \quad (1.11)$$

Onde os erros ε , ε_1 e ε_2 são correlacionados. Por conta dessa correlação, o autor estimou um modelo em três estágios. O vetor de variáveis \mathbf{X} contém informações das firmas, tais como: o *log* do pessoal ocupado em 1991, o *log* da idade da firma, o número de aplicações de patentes e variáveis que indicam se a empresa nunca solicitou recursos públicos. As variáveis contidas em \mathbf{Z} referem-se às informações do setor econômico o qual a empresa pertence e \mathbf{G} é um vetor de variáveis geográficas.

Na equação 1.11, o autor utiliza o número de incentivos recebidos na Fase 2 do programa como variável explicativa, uma vez que os montantes dessa fase são mais substanciais *vis-à-vis* aos da primeira fase. A escolha pelo número e não pelo valor ocorre porque desta forma é possível verificar se determinado projeto é, como o autor considera, *marginal*, ou seja, se fornece benefícios sociais, mas que dá prejuízo à

¹²Em média, as empresas recebem US\$ 50 mil na primeira fase e US\$ 500 mil na segunda fase.

firma.

Entretanto, essa modelagem não considera o problema de endogeneidade e, para resolver tal problema, [Wallsten](#) utiliza o volume de recursos potencialmente disponível para a empresa, definido pelo orçamento da agência do Governo, para instrumentalizar o número de contratos que uma firma poderia “ganhar”. Porém, o autor não podia usar o valor total dos recursos porque não haveria variações entre as empresas, então o que ele fez foi estimar o orçamento disponível para cada empresa, dependendo do tipo de P&D que ela faz.

Para o caso das empresas que foram apoiadas, o instrumento “orçamento” é definido como o valor do orçamento da agência que forneceu os recursos em determinado ano. Já para as empresas que se candidataram mas não receberam, o “orçamento” é o total do orçamento da agência a qual a empresa aplicou no ano. Matematicamente,

$$\text{orçamento} = \sum_{i=\text{Agencia}}^n \sum_{t=1990}^{1992} \text{incentivo}_{it} (\text{orçamento SBIR}_{it})$$

Em relação às firmas que não aplicaram, a variável “orçamento” é definida da seguinte maneira:

$$\text{orçamento}_{\text{não aplicou}} = \sum_{i=\text{Agencia}}^n \sum_{t=1990}^{1992} p(\text{incentivo})_{it} (\text{orçamento SBIR da agência}_{it})$$

Onde $p(\text{incentivo})_{it}$ é o percentual de firmas, do mesmo setor industrial, que receberam incentivos da agência i no ano t .

Com essas definições, a variável “orçamento” captura os recursos do SBIR que são potencialmente disponíveis para as firmas e supõe-se que não têm correlação com as capacidades inovativas dessas empresas (fator não observável). Apesar de não ha-

ver possibilidade de essa hipótese ser testada, esse instrumento se mostrou um bom preditor para quantidade de vezes que a firma acessa esses instrumentos (WALLSTEN, 2000, p. 94).

Como resultado de sua análise, Wallsten encontra evidências de *crowding-out* de investimentos privados ao usar o dispêndio privado em P&D em 1992 como variável dependente. Ao utilizar o número de acessos na Fase 1 como instrumento (equação 1.9), o autor avalia que o aumento desses acessos está associado a uma redução de, aproximadamente, US\$ 132 mil no investimento privado. Já para o caso dos instrumentos da Fase 2 (equação 1.10), a cada novo acesso, o investimento privado é US\$ 530.445 menor. Todavia, deve-se levar em consideração que os dados não permitem uma extrapolação dos resultados, pois as firmas elegíveis são apenas aquelas que têm informações públicas, e, por isso, a análise de Wallsten não permite estimar o que aconteceria com o P&D da firma que foi rejeitada, caso tivesse acessado os recursos.

Mais recentemente, Aerts e Thorwarth (2008) utilizaram variáveis instrumentais para avaliar o efeito dos incentivos públicos a P&D, fornecidos pelo IWT (*Institute for the Promotion of Innovation through Science and Technology in Flanders*), sobre os investimentos privados de firmas Belgas.

Duas variáveis foram utilizadas como instrumentos e calculadas a partir do histórico de incentivos das empresas. A primeira é definida como a razão entre o volume total de apoio que a empresa recebeu nos 5 anos anteriores ao ano base (nesse caso, 2004 e 2006), sobre o total de projetos no mesmo período. A outra variável é composta pela quantidade de propostas submetidas ao IWT, nos 5 anos anteriores. A justificativa dos autores para o uso de tais variáveis baseia-se na crença de que elas são altamente correlacionadas com o fato da firma ser beneficiada no ano base e de que o nível de P&D atual não influencia o histórico de incentivos da empresa (AERTS; THORWARTH,

2008, p. 10).

Aerts e Thorwarth analisaram os efeitos do investimento público em P&D sobre três variáveis de resultado, quais sejam: i) o montante total de investimento privado em P&D; ii) o montante investido em atividades apenas de pesquisa; e iii) o total investido em atividades de desenvolvimento. Como controles, os autores utilizaram a quantidade de incentivos recebidos pela empresa, seu tamanho, seu grau de participação no mercado externo, entre outras.

Após avaliar informações de 521 empresas, seus resultados rejeitam a hipótese de *crowding-out* dos investimentos privados. O coeficiente do investimento em P&D foi positivo e significativo. Seu valor indica que um aumento do apoio em 1 milhão de Euros incide, em média, em um aumento de 1.644 milhões de Euros no investimento privado. Ao avaliar separadamente o investimento em pesquisa e em desenvolvimento, percebe-se que grande parte do efeito positivo supramencionado é ocasionado pelo aumento do dispêndio em atividades de desenvolvimento, uma vez que seu coeficiente foi significativo (e de tamanho 1.4), enquanto o coeficiente do investimento em atividades de pesquisa não foi.

Em algumas ocasiões, acredita-se que as firmas não decidem se candidatar para os incentivos porque, simplesmente, não têm conhecimento de que eles existem. Quando isso ocorre, a seleção não é aleatória e isso deteriora a qualidade das estimativas convencionais. Esse problema de seleção leva a um “truncamento acidental” que pode ser resolvido por meio dos modelos de seleção ¹³.

Utilizando este referencial, Busom (2000) desenvolve um modelo empírico para analisar o programa de incentivo à P&D em empresas da Espanha. Com o propósito

¹³Essa abordagem, desenvolvida por Heckman (1979), também é conhecida como modelo *tobit* tipo 2.

de avaliar se a participação leva a um maior esforço inovativo, foram observadas quatro medidas de esforço, quais sejam: i) gasto em P&D (nível); ii) pessoal ocupado em atividades de P&D (nível); iii) gasto *per capita* (em relação ao número total de empregados) em P&D; e iv) percentual do pessoal ocupado em atividades de P&D sobre o total de empregados.

As variáveis independentes dos dois modelos foram selecionadas a partir de uma avaliação do comportamento decisório das firmas e da agência governamental. Algumas variáveis utilizadas no modelo *probit* são: o tamanho da firma (número de empregados), a idade da firma, o percentual das exportações em relação às vendas totais, o número de patentes concedidas à empresa desde 1978, uma variável indicadora para o caso da empresa aumentar o gasto em P&D se a concorrente aumentar antes e indicadora se a firma considera P&D importante no curto prazo, entre outras.

Dentro do modelo de resultado, as variáveis independentes são, basicamente, as mesmas já citadas, com exceção de certas variáveis como idade da firma e a indicadora para o caso da firma considerar P&D importante no curto prazo. As variáveis adicionadas nesta modelagem incluem: indicadora se a firma recebeu incentivo do governo espanhol e indicadora se a firma recebeu incentivos de outros programas europeus.

Ao avaliar 154 empresas espanholas que realizavam atividades de P&D em 1988 – 45% foram incentivadas pelo programa espanhol, 27% pelo programa europeu e 16% foram apoiadas pelos dois –, a autora demonstra que há maior probabilidade do governo espanhol apoiar projetos de firmas menores (que é um dos objetivos da política deste governo) e o porte da firma é relacionado ao seu esforço inovativo, independente do fato de receber, ou não, apoio. No geral, o instrumento ocasiona adicionalidade, porém não é possível excluir a possibilidade de *crowding out* completo para quase 30% das empresas estudadas.

Um modelo inovador que leva em consideração a presença de barreiras à inovação foi proposto por [González et al. \(2005\)](#). A partir de um painel desbalanceado com informações de 2.214 empresas espanholas ¹⁴ entre 1990-1999, puderam, usando uma estimativa do percentual (em relação ao valor total do projeto) de apoio esperado pelas empresas, modelar as decisões das firmas em fazer, ou não, P&D e o quanto será investido. Logo, as equações modeladas são:

$$p^e = P(p > 0|x_p)E(p|x_p, p > 0) \quad (1.12)$$

$$R^* = \mathbf{x}'\boldsymbol{\beta} + \theta p^e + \varepsilon \quad (1.13)$$

$$\bar{R} = \mathbf{w}'\boldsymbol{\gamma} + \mathbf{x}'\boldsymbol{\omega} + \delta p^e + u \quad (1.14)$$

Onde p^e é o valor esperado do investimento em P&D que será incentivado, dadas as características das firmas, x_p . A variável R^* mede o nível ótimo esforço tecnológico da firma (como visto no capítulo 1), enquanto \bar{R} é uma medida do “limite de rentabilidades” (*profitability thresholds*) do investimento em P&D ¹⁵.

Variáveis que afetam tanto o nível de esforço inovativo, quanto o limite da rentabilidade, estão contidas dentro do vetor \mathbf{x} e incluem, entre outras, o *market share* das firmas, uma variável indicadora para o caso do mercado ser concentrado e outra indicando se a firma teve problemas de fluxo de caixa. Já o vetor \mathbf{z} concentra as variáveis indicadoras que afetam as barreiras à inovação, cujos autores acreditam que estão associadas aos custos fixos da P&D. Tais variáveis indicam as oportunidades geográficas

¹⁴Selecionadas via amostra aleatória estratificada e separadas em dois grupos de acordo com seu tamanho (pequenas ≤ 200 empregados e grandes > 200 empregados).

¹⁵O uso de modelos de seleção, nesse cenário, ocorre porque R^* só será observada quando $R^* > \bar{R}$, ou $R^* - \bar{R} > 0$. Defina $z^* = R^* - \bar{R}$ como a decisão de investir. Logo,

$$z^* = \mathbf{x}'\boldsymbol{\phi} - \mathbf{w}'\boldsymbol{\gamma} + p\tau + v$$

Note que, nesse caso, a condição de decisão $z = 1(z^* > 0)$ é semelhante à condição 1.8.

que se apresentam à empresa, a possibilidade do produto ser sensível ao controle de qualidade, a presença de capital externo, se há crescimento de capital, se o mercado está em recessão e se as empresas empregam trabalhadores altamente qualificados.

A partir das estimativas das equações 1.13 e 1.14, [González et al. \(2005\)](#) avaliam os efeitos dos incentivos, através da interpretação da “diferença de rentabilidade” (*profitability gap*), cuja medida se dá pelo valor do nível ótimo de esforço tecnológico na ausência de apoio, subtraído do “limite de rentabilidade”.

Se a diferença de rentabilidade for positiva, isso indica o quanto as empresas investem, mesmo na ausência de instrumentos públicos de incentivo. Se essas empresas forem beneficiadas pelo instrumento, pode haver *crowding-out* de investimentos privados. Por outro lado, se o valor dessa diferença for negativo, as empresas não realizarão P&D, uma vez que estarão abaixo do limite de rentabilidade e terão prejuízo ([CERULLI, 2010](#)). Porém, se o valor do apoio conseguir zerar essa diferença, a empresa mudará sua decisão de não investir em P&D e dará início à essas atividades. Quanto à isso, os autores observaram que se houver um aumento de 10% no valor dos recursos públicos fornecidos às empresas grandes, cerca de 50% das empresas desse porte que não realizam P&D começariam a investir em tais atividades.

O objetivo central de [González et al. \(2005\)](#) é avaliar a eficiência do instrumento, o parâmetro θ da equação 1.13. Se o valor de θ for igual a 1, não haverá alterações no esforço privado. Para o caso de $\theta > 1$, o efeito adicionalidade estará presente e, para $\theta < 1$ é observada a substituição de investimentos privados pelos investimentos públicos. Apesar do valor de sua estimativa ser pequeno ($\theta = 1.07$), esse resultado, aliado ao obtido a partir da “diferença de rentabilidade” permite rejeitar a hipótese de *crowding-out*.

[Garcia e Mohnen \(2010\)](#), utilizando microdados da pesquisa de inovação da Áus-

tria (*Community Innovation Survey*, revisão 3 – CIS3), criaram um painel que cobre os anos de 1998 a 2000 para estimar um modelo estrutural de quatro equações simultâneas. Dado que o incentivo pode vir tanto de fontes internas, quanto da União Européia, duas equações foram desenhadas para avaliar a decisão de apoio do governo, enquanto outras duas modelam os determinantes de investimento privado em P&D e os resultados da inovação (novos produtos para a firma ou para o mercado). As equações reduzidas foram estimadas através de modelos probit (para as equações do governo) e tobit ¹⁶ (para as equações da firma), desta forma consideram o problema de seleção, presente nos dados.

Sua amostra consiste em 546 firmas que, de alguma forma, foram inovadoras na Áustria no período de 1998 a 2000 e utilizam como variáveis de controle o tamanho da firma (em *log*), a classe industrial (alta intensidade tecnológica ou baixa), o grupo (doméstico e externo), se coopera com universidades e institutos de pesquisa, o percentual de trabalhadores com curso superior (em relação ao total de empregados), o nível de competitividade da firma, se existem problemas de apropriação ou financeiros, a demanda do setor por produtos inovadores e o grau de pesquisa básica das universidades e institutos de pesquisa.

Seus resultados mostram um aumento de, aproximadamente, 2% nos gastos em P&D pelas firmas que foram incentivadas pelo governo austríaco, afastando a hipótese de *crowding-out*. Também estimou-se que estas empresas aumentaram em 2,5% as vendas de produtos que eram novos para a firma e em 3,4% as vendas de produtos que eram novos para o mercado.

Takalo et al. (2008) construíram um modelo estrutural que trata todo o processo

¹⁶O modelo tobit difere-se do modelo de seleção no que diz respeito a variável latente que determina o truncamento dos dados. Essencialmente, no modelo tobit estima-se $E(y|y > 0) = \mathbf{x}'\boldsymbol{\beta} + \sigma\lambda$. Para mais informações, veja a seção 24.3.2 de Greene (2008).

de concessão de recursos públicos como um jogo de informação imperfeita em quatro estágios entre dois jogadores. Com isso, modelam as decisões das firmas que solicitam o apoio e as decisões de fornecimento do governo para avaliar os efeitos de bem estar do dispêndio público e fornecem um resultado que é uma função do investimento do solicitante, que é função do tratamento recebido. Neste contexto, o governo aprova determinada quantidade de incentivo que maximiza o benefício esperado de determinado projeto.

No primeiro passo de seu jogo, os autores estimaram um *probit* ordenado para avaliar a crença da firma em relação à avaliação do projeto por parte do governo (a nota que o projeto iria receber). Deve-se atentar que, apesar do governo avaliar os projetos em vários pontos, os autores selecionaram dois, que seriam os mais importantes: complexidade tecnológica do projeto e seu risco de mercado. No segundo passo, utilizam um modelo *Tobit* com dois limites e sem correção para seleção.

Os dados foram obtidos na Agência Nacional de Tecnologia da Finlândia (*Tekes*) e indicam o investimento proposto pelos projetos das empresas de todas as solicitações entre janeiro de 2000 e junho de 2002. Para definição da amostra, selecionaram todas as empresas que existiam em 1999, totalizando 10.944 empresas. Destas, 915 solicitaram recursos e 722 foram atendidas. O percentual de apoio é definido como a soma dos valores do instrumento relativos a subsídios, subvenções com juros baixos e empréstimos de capital sobre o valor total do investimento aprovado. Outras variáveis incluídas nas equações são: idade da firma, *log* do número total de empregados da firma, total de vendas por empregado, indicadora se a empresa é a matriz da companhia, nº de solicitações anteriores, indicadora se o CEO também faz parte do conselho de diretores, o tamanho deste conselho, indicadora para firma exportadora e indicadora da região.

Ao final, conseguem estimar os efeitos esperados *ex-ante* ao tratamentos, que refletem as preferências reveladas dos seus jogadores no momento em que fazem as decisões. Seus resultados sugerem que as empresas conseguem internalizar cerca de 60% do efeito total do incentivo público. Não obstante, concluem que firmas maiores, assim como projetos mais complexos, fornecem maiores utilidades às agências do governo. Para as firmas, projetos que fornecem maiores valores adicionados possuem maiores retornos marginais à P&D e suas solicitações são mais dispendiosas. De forma geral, sua análise de bem estar considera que, se o governo é benevolente, os benefícios do programa cobrem os custos de oportunidade do investimento público. Seus resultados, contudo, mostram que não há evidências de que os recursos públicos levam à adicionalidade ou *crowding out*.

1.4.2 Modelos Não Estruturais

Para se medir o efeito médio de uma intervenção pública (um “tratamento”) (*average treatment effect*), deseja-se avaliar qual seria a variação média dos resultados das empresas que receberam o incentivo Y_1 , caso eles não tivessem recebido Y_0 . Formalmente, o ATE é definido como:

$$ATE \equiv E(Y_1 - Y_0) \quad (1.15)$$

Considere, então, um estudo com N_1 unidades recebendo determinado tratamento e outras N_0 não recebendo e defina S_T como o conjunto que relaciona todas as observações que receberam tratamento, e S_C como o conjunto dos controles, a diferença entre a média dos valores observados para os tratados e a média dos controles é dada

por:

$$ATE_2 = E[Y_{i|i \in S_T}(T)] - E[Y_{j|j \in S_C}(0)] \quad (1.16)$$

Para estimar o quão próximo a estimativa 1.16 está do efeito causal 1.15 presume-se que para cada unidade que recebe tratamento, há uma unidade que não recebe e essas duas unidades reagem no mesmo tempo da intervenção. Em outras palavras, as observações N_1 e N_0 são “pares perfeitamente casados” (RUBIN, 1974, p. 692, tradução livre do original, em inglês). Quando isso ocorre, o valor de 1.16 é igual a 1.15.

Em um experimento bem desenhado, uma das maneiras de se estimar 1.15, ou 1.17, é fazer com que o tratamento seja fornecido de maneira aleatória e comparando-se a diferença das unidades semelhantes, sendo que a diferença entre elas é que uma foi tratada e a outra não. Como discutido anteriormente, na maioria dos casos, as políticas públicas de incentivo à inovação não são desenhadas como um experimento aleatório e, por isso, a participação nos programas pode não ser randômica.

Isso quer dizer que, na prática, pares perfeitamente pareados não são observados com frequência. Ademais, alguns autores afirmam que o ATE não é a estimativa mais aconselhável quando se trata de avaliar os impactos de determinada política pública, pois nem todas as firmas são elegíveis para o acesso (WOOLDRIDGE, 2001, p. 604). Portanto, uma estimativa mais condizente seria aquela que define o efeito médio do tratamento sobre os tratados (*average treatment effect on the treated - ATT*):

$$ATT = E(Y_1|T > 0) - E(Y_0|T > 0) \quad (1.17)$$

O problema é que não se podem observar, concomitantemente, diferentes esta-

dos, em um mesmo tempo, da mesma firma. Logo, o efeito causal individual $Y_1 - Y_0$ não pode ser estimado. Como os contrafactuais $E(Y_0|T > 0)$ não são observados, um substituto para este valor é a média dos resultados daqueles indivíduos não tratados, $E(Y_0|T = 0)$:

$$ATT_2 = E(Y_1|T > 0) - E(Y_0|T = 0) \quad (1.18)$$

Observa-se que, dessa forma, as equações 1.18 e 1.16 são iguais, ou seja, o efeito médio do tratamento sobre os tratados será igual ao efeito médio do tratamento.

Todavia, em experimentos não aleatórios, muitas vezes os componentes que determinam a decisão de receber um tratamento também determinam o resultado observado. Dessa forma, o resultado médio dos tratados e não tratados será diferente, mesmo se não houvesse intervenção, o que leva à um viés das estimativas conhecido como “viés de auto-seleção”.

Para contornar esse problema, a maioria dos trabalhos da literatura não estrutural segue a partir da abordagem desenvolvida por Rubin (1974)¹⁷. Uma das principais suposições desta abordagem é a de que uma resposta Y para o indivíduo exposto ao tratamento t será a mesma, independente do tratamento recebido por outro indivíduo ou do mecanismo de alocação dos tratamentos (RUBIN, 1986, p. 961).

Essa condição é conhecida como SUTVA (*Stable Unit Treatment Value Assumption*) e tem a função de excluir a possibilidade de interferência entre as observações e permite considerar que os resultados possíveis para uma determinada firma são condicionalmente independentes da alocação de tratamento para outra firma, dadas as covariáveis observadas. Formalmente:

¹⁷Muitas vezes, esta abordagem é conhecida como Modelo de Roy-Rubin, pois é uma extensão do trabalho, já comentado aqui, de Roy (1951).

SUTVA: $Y_i \perp\!\!\!\perp T_j, X_i$. A distribuição dos resultados possíveis para determinada empresa i é independente do tratamento observado para outra empresa j , dadas as suas covariáveis.

Além do SUTVA, outra suposição importante para que seja possível estimar o ATE em experimentos não aleatórios trata da ignorabilidade do tratamento. Essa segunda suposição atesta que, se controlada pelas características \mathbf{X} , a alocação do tratamento é independente do resultado observado:

Ignorabilidade da Alocação do Tratamento: $Y_i \perp\!\!\!\perp T_i | X_i$.

Uma implicação desta condição é que a seleção é feita a partir de características observáveis e todas as variáveis que influenciam a alocação do tratamento e os resultados possíveis são observadas pelo pesquisador.

A partir destas suposições, a estimativa do efeito causal é feita ao comparar o desempenho das empresas participantes a um grupo similar de empresas elegíveis aos incentivos, mas que não os receberam. Ao longo dos anos, várias abordagens foram desenvolvidas para parear as observações (CHAPIN, 1947; COCHRAN, 1953; COCHRAN; RUBIN, 1973; RUBIN, 1979; RAYNOR, 1983; ROSENBAUM; RUBIN, 1983; BASSI, 1984; CZAJKA et al., 1992; HECKMAN et al., 1998; IMBENS, 2000; LECHNER, 2001; LECHNER, 2004; HIRANO; IMBENS, 2005; FLORES, 2005). Nos trabalhos mais recentes de avaliação do investimento em P&D, as abordagens mais utilizadas para parear as empresas baseiam-se no escore de propensão (*propensity score matching*), que é a probabilidade de receber um determinado tratamento condicionada às variáveis pré-tratamento (ROSENBAUM; RUBIN, 1983).

Os métodos de pareamento são muito utilizados para lidar com o problema de seleção, como observado nos programas de incentivo à inovação. Contudo, há ainda

o problema de heterogeneidade não observada, pois nem sempre é possível obter informações sobre características que afetam a decisão de investir ou o seu montante. Se consideramos que tais características são invariantes ao longo do tempo, métodos como o de diferenças em diferenças (DID), ou sua variante de efeitos fixos, são mais indicados.

Alguns trabalhos vão ainda mais longe e mesclam os métodos de *matching* com os métodos de diferenças em diferenças, de modo que estimativas menos viesadas sobre os efeitos causais dos incentivos possam ser estimadas. São vários os trabalhos que utilizam algum desses métodos, ou todos ao mesmo tempo. Citaremos alguns, que julgamos mais interessantes.

O rápido desenvolvimento do setor de alta tecnologia israelense é o que motiva [Lach \(2002\)](#) a avaliar o comportamento do investimento privado em P&D na presença de recursos públicos. Por lei, o governo de Israel é obrigado a apoiar todas as propostas que atenderem os critérios exigidos e, por consequência, o processo de escolha governamental é não competitivo.

Ademais, no programa de subvenção israelense, o reembolso dos recursos é condicionado ao sucesso do projeto, i.e. se for bem sucedido, as empresas pagam o apoio a partir dos *royalties* adquiridos (3% da receita desses projetos nos três primeiros anos, 4% nos três anos seguintes e 5% para os demais anos). O problema de seleção surge dessa característica, dado que empresas que realizam pesquisas em áreas mais arriscadas possuem maiores chances de solicitar recursos.

O autor tenta modelar as decisões gerenciais para diferentes projetos. Há a possibilidade da empresa não seguir a diante em determinado projeto, para realizar outro, que foi incentivado. Isso pode ocorrer quando a empresa não possui recursos (humanos ou financeiros) suficientes para realizar os dois projetos paralelamente. Para avaliar essas

decisões, o autor delimita quatro cenários que podem ser analisados através do sinal (negativo ou positivo) das suas estimativas.

No primeiro caso, tanto os projetos subvencionados quanto os outros projetos são realizados pela empresa, sendo este o melhor cenário possível, o cenário onde há adicionalidade. Quando a firma decide realizar apenas o projeto subvencionado, cenário 2, há indicativos de que o investimento público desloca o privado. Os outros dois casos servem para avaliar as situações onde o projeto apoiado seria realizado pela empresa, mesmo se não houvesse o instrumento. No terceiro cenário, se a empresa utiliza os recursos “extras” para realizar outros projetos, tem-se um efeito positivo. Por outro lado, não há racionalidade econômica para avaliar o quarto cenário, que seria a empresa descontinuar o projeto apoiado, dado que recebeu recursos, logo este foi descartado de sua análise.

Para lidar com o problema do viés de seleção, o autor utiliza duas abordagens: estimação dos parâmetros via Diferenças em Diferenças (utilizando uma variável binária para medir o impacto do investimento público) e estimação via modelo de efeitos dinâmicos (que usa o valor em nível).

Sua base de dados contém informações à nível da firma, relacionadas à receita de vendas, exportações, investimentos em P&D, número de empregados, entre outras variáveis. O painel construído cobre os anos de 1990 a 1995 e contém cerca de 180 empresas do setor industrial que realizam P&D, por ano. Há de se considerar que os dados não retratam as firmas que solicitaram recursos, mas foram negadas. O resultado do estimador DID, obtido utilizando um painel com efeitos fixos, fornece estimativas negativas – e isso indicaria o deslocamento do investimento privado – mas não significantes. Contudo, ao considerar que a empresa recebeu recursos no passado, os resultados demonstram que o programa leva, em um primeiro momento, ao *crowding*

out de investimentos privados, mas este efeito é revertido com o passar dos anos.

Este resultado indica o efeito dinâmico inerente às atividades de pesquisa como, por exemplo, o fato de que o conhecimento adquirido anteriormente auxilia o desenvolvimento de projetos futuros.

Os resultados de seu modelo dinâmico corroboram os anteriores, ao demonstrar que, no longo prazo, o incentivo leva a um aumento de 0,22% no dispêndio privado em P&D. O efeito marginal de fornecer um dólar a mais de recursos públicos leva a um incremento médio, significativo, de 0,41 cents, no longo prazo. Como na maioria das empresas deste estudo o governo arca com 50% das despesas do projeto, esperava-se um efeito marginal mais elevado. O autor identifica dois motivos para a ocorrência desses resultados: i) os recursos são fornecidos para projetos que seriam realizados mesmo sem o mecanismo de incentivo; e ii) após receberem o incentivo, as empresas cancelam ou diminuem a intensidade dos projetos não apoiados. De qualquer maneira, os resultados das duas metodologias não fornecem evidências fortes de que o programa utilizado em Israel, entre 1990 e 1995, incentiva o investimento privado em P&D.

Desde a unificação das partes Oriental e Ocidental em 1990, o governo alemão utiliza programas para incentivar, em maior proporção, as empresas do lado Oriental. A transição de uma economia planejada para uma economia de mercado, o porte pequeno das firmas e a falta de mercado são características que justificam as ações do Estado da Alemanha. Em 1996, o volume de recursos fornecidos às empresas do lado oriental foi seis vezes superior ao das firmas ocidentais. Baseados neste fato, [Almus e Czarnitzki \(2003\)](#) decidem avaliar se essas cifras realmente possuem um impacto positivo nas atividades inovativas das firmas do lado Leste da fronteira.

Na Alemanha Oriental de 1996, existiam mais empresas tratadas (622) do que não tratadas (303). Essa situação é oposta ao que se vê na maioria dos casos da literatura

de avaliação de impacto, onde existem mais empresas que não receberam o incentivos, e isso torna a avaliação de tal cenário interessante.

Os dados das 925 empresas correspondem às informações de suas atividades em 1994, 1996 e 1998, porém esses dados foram trabalhados como cortes transversais e não longitudinais. Salienta-se o fato de que as empresas não tratadas nunca receberam qualquer tipo de incentivo, vindo de qualquer programa estatal. Isso diferencia este estudo de outros que avaliam o impacto de um mecanismo de incentivo, sem controlar pela existência de outros. Por outro lado, o trabalho destes autores não avalia separadamente os efeitos de cada instrumento nas empresas, apenas o efeito geral (foi incentivada ou não).

Outra “inovação” deste artigo é a utilização do *caliper matching* como o segundo passo do pareamento não paramétrico (sendo o primeiro a estimação de um modelo *probit*). Para construção dos contrafactuais, foi definido 1 controle para cada 4 tratados. Como forma de obter estimativas mais robustas, todo o processo de pareamento foi repetido 200 vezes, utilizando-se *bootstrap*.

A estimação do modelo *probit* foi controlada pelo tamanho da empresa (e seu valor quadrático), setor industrial em que a empresa se encontra, a intensidade do capital, pelo total exportado/importado sobre o total de vendas, *market share*, o inverso da idade da firma, pelo fato da matriz pertencer à Alemanha Ocidental ou ser estrangeira, pelo fato da empresa ter um departamento de P&D, para o caso de a empresa ser S.A., pelo fato da empresa ter recebido apoio público em 1996 e/ou em 1998 e pela concentração de mercado, medida como a soma dos *market shares* das seis maiores companhias do setor.

O total gasto em P&D dividido pela receita das empresas foi utilizado como variável para indicar a intensidade de P&D realizada pelas firmas. A diferença média

das intensidades entre os dois grupos é avaliada como o efeito do programa e seus resultados mostram que as firmas apoiadas possuem uma intensidade 4% superior. O resultado do teste t aplicado mostra que essa diferença é significativa, logo o programa alemão de apoio à inovação das firmas de seu lado oriental incide em adicionalidade para as mesmas.

Duguet (2004) estima o impacto que os incentivos públicos tiveram nas empresas francesas durante o período de 1985 a 1997. O autor separou as empresas em 12 subamostras, contendo entre 1.000 e 1.600 empresas, nas quais o período de dois anos consecutivos era analisado. Ele realizou este procedimento para evitar a perda de informações sobre as firmas que realizaram fusões ou venderam um de seus departamentos e, também, para poder obter informações sobre as taxas de crescimento dos investimentos em P&D.

Para avaliar o impacto, utilizou o estimador não-paramétrico proposto por Nadaraya (1964) e Watson (1964). No primeiro passo foi estimado um modelo *logit*, controlando pela linha de negócios da empresa, pelo seu tamanho (defasado), pela razão entre investimento em P&D e vendas (defasada), pelo grau de endividamento da empresa e pelo fato de ter realizado P&D com recursos públicos no passado. Após estimar a probabilidade de receber apoio público, o impacto médio foi calculado utilizando o estimador supracitado. Este procedimento foi repetido cerca de 200 vezes, para cada ano, por meio de *bootstrap*.

Utilizando o estimador Nadaraya-Watson, o autor pôde avaliar o efeito do investimento dentro do grupo dos tratados (que seria a definição de avaliar adicionalidade), além de estimar o efeito de uma possível expansão do programa (efeito do tratamento sobre os não tratados) e o efeito global do tratamento (que é usualmente calculado nos outros trabalhos). Isso foi feito porque um efeito global negativo pode ser mascarado

por um efeito muito forte vindo de um dos dois grupos e, com essa decomposição, uma avaliação mais precisa pôde ser realizada.

Como variáveis de resultado, utilizou a taxa de crescimento do investimento em P&D em relação às vendas da empresa, juntamente com uma variável indicadora para o caso da empresa ter aumentado essa razão. Os resultados apontam um efeito substituição apenas para 1987. Em outros casos, o efeito global negativo e significativo foi ocasionado por conta do forte efeito do tratamento sobre os não tratados, dando a impressão de que o instrumento deslocou o investimento privado em P&D. Ao analisar o efeito do tratamento sobre os tratados, não há evidências de *crowding out* ou de adicionalidade. Este resultado mostra a importância da decomposição do efeito global para avaliar corretamente os instrumentos de incentivo.

Para incentivar as atividades de P&D nas empresas e promover a inovação em áreas tecnológicas pré-selecionadas, o governo alemão tem como principal instrumento o mecanismo de incentivo direto, que foi avaliado por [Aschhoff \(2009\)](#).

A análise da autora diferencia-se no sentido em que seu modelo permite efeitos heterogêneos tanto do histórico de instrumentos que a firma acessou, quanto do tamanho dos recursos fornecidos pela agência do governo. Com isso, procura avaliar se os resultados alcançados justificam a continuidade do apoio para a mesma empresa. Ademais, busca estimar quais efeitos o volume de recursos incide no gasto privado em P&D e nos resultados da empresa (e.g. novos produtos).

A autora lida com o problema de seleção utilizando um método de pareamento de duas etapas. No primeiro passo, utiliza-se o *propensity score* para definir a probabilidade de cada firma receber os dois instrumentos. Uma vez calculada a propensão, utiliza a distância de Mahalanobis para definir o vizinho mais próximo e selecionar os pares.

No caso da Alemanha, as firmas não são obrigadas a participar da pesquisa, o que faz com que apenas metade das firmas apareça em mais de um ano. Seu painel desbalanceado cobre o período de 1994 a 2005 e fornece informações sobre as atividades de inovação de 3.583 empresas distintas.

Para avaliar a continuidade do incentivo, as empresas foram divididas em três amostras, sendo que a primeira contém as empresas frequentes (receberam incentivo durante 5 anos ininterruptos) e a segunda contém as empresas que receberam pela primeira vez no ano em curso ou em anos anteriores (dentro de um período de 5 anos). O terceiro subgrupo é formado pelas empresas que são apoiadas ocasionalmente, não sendo consideradas no resto de sua análise. Para capturar as diferenças do volume dos recursos, as empresas foram classificadas, ainda, em três subgrupos com base nos tercis dos valores fornecidos.

Como o objetivo era avaliar a existência de *crowding out*, a autora utilizou duas medidas de resultado: o total de dispêndios em P&D e o dispêndio privado em P&D (o total menos o valor incentivado). Do lado das variáveis de controle utilizou o tamanho da empresa (*log* do pessoal ocupado), a idade da firma (em *log*), uma variável indicadora para o caso da empresa ter recebido apoio da União Européia e outra caso tenha recebido de agências regionais. Também incluiu três variáveis para controlar pela capacidade da firma em realizar P&D – indicadora se conduz atividades de P&D de forma contínua, percentual de empregados com formação superior e o estoque de patentes até o ano anterior ao acesso ao instrumento –, juntamente com variáveis indicadoras para cada ano, da nacionalidade da firma, da região geográfica (Alemanha Oriental e Ocidental) e do setor industrial em que se encontra.

Seus resultados mostram que as firmas que foram apoiadas pelo programa alemão gastam mais – tanto no valor total, quanto no valor privado – em P&D e possuem uma

intensidade maior que as firmas que não receberam, rejeitando a hipótese de *crowding out*.

Ao analisar as firmas de acordo com a frequência em que receberam apoio, tanto as firmas que receberam apenas uma vez quanto as que receberam sempre apresentaram investimentos totais em P&D superiores ao grupo controle. Em relação ao dispêndio privado, apenas as firmas frequentes apresentaram adicionalidade.

Ao controlar pelo tamanho do apoio, seus números demonstram que não há substituição dos investimentos privados por públicos em nenhum dos três grupos (volume pequeno, médio ou grande). Para as empresas que receberam incentivos de menor valor, o incremento privado não foi estatisticamente significativo, logo não se pode dizer que para este grupo houve adicionalidade. Por outro lado, empresas que receberam valores mais significativos aumentaram seu dispêndio privado em P&D. Desta maneira, mesmo não havendo evidências estatísticas, para nenhum subgrupo e/ou classificação, de que o instrumento tem efeito sobre as variáveis de resultados da P&D, observa-se que o governo alemão seleciona corretamente projetos que não seriam realizados pelas empresas, caso não houvesse o incentivo.

Um aspecto negativo de seu artigo é que não foi feita uma análise conjunta da frequência de recebimento e do tamanho do apoio. A justificativa da autora é que, se dividisse as empresas considerando as duas variáveis, poucas observações restariam em cada categoria [Aschhoff \(2009, p. 20\)](#).

Uma das mais recentes análises dos instrumentos brasileiros foi feita por [Araújo et al. \(2010\)](#). Os autores avaliam o impacto dos Fundos Setoriais nos indicadores de esforços tecnológicos e nos resultados dos processos de P&D para cerca de 330 empresas tratadas.

Os autores avaliaram os resultados das empresas entre 2001 e 2006 e estimaram

três modelos para avaliar o impacto do tratamento (ser beneficiária dos FS). Os modelos relacionavam o número de funcionários com conhecimento tecnológico-científico (*proxy* para dispêndio em P&D), o tamanho da firma e as exportações de alta tecnologia ao acesso aos fundos. Para reduzir o viés de seleção e possibilitar a comparação dos grupos que acessaram e não acessaram, os autores também utilizaram o *PSM*.

O escore de propensão foi definido em função do número de empregados em funções técnicas e científicas e do número total de empregados (ambas defasadas em um ano e com interações de variáveis indicadoras para os anos), de uma variável indicadora para a origem de capital da empresa (multinacional ou não), o setor CNAE¹⁸ e a região geográfica onde a empresa se encontra.

Uma vez definido este escore, as empresas foram pareadas via *kernel matching*, de modo que trajetórias de empresas comparáveis pudessem ser estimadas. Um dos pontos fortes deste artigo é a possibilidade de avaliar os impactos dos Fundos Setoriais no ano em que receberam tais recursos e em relação aos anos posteriores ao acesso ao programa. Os autores concluem que as taxas de crescimento do número de funcionários com conhecimento tecnológico-científico das firmas que acessaram os FS foram, acumuladas ao final de 2006, 25% maiores em relação àquelas que não acessaram. Além disso, em 2002 e 2003 as firmas tiveram um crescimento (medido pela variação no número de empregados) significativo de 6,8% e 9,6%, em relação a 2001 (ano base, que definiu o acesso). Todavia, com exceção de 2006, os indicadores de exportações de alta tecnologia não obtiveram coeficientes significantes.

Os autores também realizaram uma análise preliminar dos impactos que distintos mecanismos dos Fundos Setoriais têm sobre as taxas de crescimento do número de funcionários com conhecimento técnico-científico. Por exemplo, os projetos que re-

¹⁸Classificação Nacional de Atividade Econômica

querem cooperação entre as firmas e instituições tiveram pouco impacto nas taxas de crescimento. Por outro lado, empresas que receberam recursos reembolsáveis tentem a aumentar o número de empregados mais qualificados. Tais resultados, além dos resultados principais do artigo, permitem rejeitar a hipótese de *crowding out* e supor que os impactos deste instrumento podem ser maiores, caso modalidades de incentivo direto tenham mais recursos.

Figura 1.6: Resumo dos artigos revisados.

Abordagem	Técnica	Autor(a)(es)	País	Ano da avaliação	Especificidade	Variável dependente	Resultados
Estrutural	Variáveis Instrumentais	Wallsten (2000)	EUA	1992	Instrumento: Volume de recursos potencialmente disponíveis para incentivos.	Gasto privado em P&D.	<i>Crowding-out</i>
		Aerts e Thonwarth (2008)	Bélgica	2004 e 2006	Instrumento: i) Total de incentivos recebidos nos 5 anos anteriores sobre o valor total de projetos. Instrumento ii) N° de propostas submetidas ao IWT nos 5 anos anteriores	i) Gasto privado em P&D; ii) Gasto apenas em P; e iii) Gasto apenas em D.	Adicionalidade
	Modelos de Seleção	Busom (2000)	Espanha	1988	Modelo <i>probit</i> para avaliar o comportamento decisório das firmas e da agência governamental.	i) Gasto em P&D; ii) Pessoal ocupado em atividades de P&D;	Adicionalidade mas, para 30% da amostra, a hipótese de <i>crowding-out</i> completo não podem ser descartada.
		González et. al. (2005)	Espanha	1990-1999	São estimados o valor esperado do investimento em P&D que será apoiado e os limites de rentabilidade do investimento.	ii) Gasto em P&D, por empregado; iv) Pessoal ocupado em atividades de P&D sobre o total de empregados	Adicionalidade
		Takalo et. al. (2006)	Finlândia	2000-2002	O processo de concessão do incentivo é modelado como um jogo de informação imperfeita em quatro estágios entre dois jogadores. Estimam os efeitos <i>ex-ante</i> .	Gasto privado em P&D.	Inconclusivo em relação à adicionalidade
		Garcia e Mohnen (2010)	Áustria	1998-2000	Estimação do comportamento governamental via modelo <i>probit</i> e a estimação do comportamento da firma foi feita via modelo <i>tobit</i> .	O quanto as firmas planejam investir em P&D.	Adicionalidade
Avaliação de Impacto	Modelos DIF-DIF	Lach (2002)	Israel	1990-1995	Painéis com efeitos fixos e dinâmicos.	Gasto privado em P&D.	Inconclusivo
	PSM	Almus e Czarnitzki (2003)	Alemanha "Oriental"	1996	<i>Caliper matching</i> no segundo passo do PSM.	Total gasto em P&D / Receita	Adicionalidade
		Duguet (2004)	França	1985-1997	Estimador não paramétrico de Nadaraya-Watson no segundo passo do PSM. Estimam ATE, ATT e ATU.	i) Taxa de crescimento do investimento em P&D, em relação às vendas da empresa ii) Variável indicadora para o caso da taxa de crescimento acima ter aumentado.	ATE: <i>Crowding-out</i> apenas em 1987. ATT: Inconclusivo
		Aschhoff (2009)	Alemanha	1994-2005	Distância de Mahalanobis no segundo passo do PSM. Avalia a continuidade e o montante dos incentivos, ao separar as empresas em estratos de acordo com cada variável dependente.	i) Gasto total (privado + incentivo) em P&D; ii) Gasto privado em P&D;	Adicionalidade no resultado geral.
	PSM e DIF-DIF	Araújo et. al. (2010)	Brasil	2001-2006	<i>Kernel matching</i> no segundo estágio do PSM. Utilizam o n° de empregados techno-científicos como <i>proxy</i> para o investimento privado em P&D.	i) N° de funcionários techno-científicos; ii) Tamanho da firma (medido pelo n° de empregados); iii) Exportações de alta tecnologia.	Adicionalidade e aumento dos indicadores de resultado das firmas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Capítulo 2

Políticas de Ciência e Tecnologia no Brasil

2.1 Breve Histórico das Políticas Brasileiras

No Brasil, até pouco antes da Segunda Guerra Mundial, o processo de inovação ocorria exogenamente, sendo definido pela necessidade de um novo produto ou processo. Isso pode ser visto mais claramente a partir da política industrial de substituição de importações, iniciada na década de 1930 como resposta à crise de 1929 e que ficou mais evidente após o conflito supramencionado.

Pela dificuldade em exportar e pela escassez de produtos para importar, a solução para o abastecimento do mercado interno era investir na produção nacional. Como a indústria nacional era incipiente, essa nova diretriz levava à necessidade de novos processos produtivos e de trabalhadores mais qualificados, justificando a criação, em 1934, do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), da Universidade de São Paulo (USP) e do Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT) (DAHLMAN; FRISCHTAK, 1993).

Somente a partir do segundo governo Vargas (1951-1954), as políticas industriais nacionais focaram-se no fomento à pesquisa, com o advento do CNPq e da CAPES¹. Por conta da grande necessidade, à época, de pessoal especializado, esses órgãos tiveram foco maior na capacitação e na pesquisa científica, em detrimento do desenvolvimento tecnológico real (CAVALCANTE, 2009; SUZIGAN, 1996). Com a criação do BNDE em 1952 (hoje, BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), o Brasil possuía a sua primeira grande agência pública de financiamento industrial que, durante os anos 1960, foi a principal responsável pelo financiamento da indústria de transformação (SUZIGAN, 1988) .

Um segundo momento importante para o setor de P&D brasileiro ocorreu nesta mesma década, apesar da crise que o setor industrial sofreu neste mesmo período, principalmente por conta da recessão do período de 1963 e 1967 (MOTOYAMA et al., 2004), foram criados vários fundos e entidades como: UnB (1961), FAPESP (1962), COPPE (1963), FUNTEC (1964), FAPERGS (1964), FINAME (1964) e FINEP (1967)², entre várias outras.

A criação de tais institutos claramente demonstrava o interesse governamental em promover a indústria através de pesquisas, capacitações e investimentos. Esse interesse ficou mais evidente ao final da década de 1960, quando foi criado o Programa Estratégico do Desenvolvimento (PED), que definia, “pela primeira vez, uma política explícita para Ciência e Tecnologia no nível federal” (DAHLMAN; FRISCHTAK, 1993, p. 419, tradução livre do original em inglês), dando origem, em 1969, ao Fundo Nacional de

¹Respectivamente, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

²Universidade de Brasília; Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo; Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro; Fundo de Desenvolvimento Técnico e Científico; Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul; Fundo de Financiamento para Aquisição de Máquinas e Equipamentos Novos; e Financiadora de Estudos e Projetos.

Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT).

Com a criação do FNDCT, o setor de ciência e tecnologia (C&T) brasileiro tinha assegurado apoio financeiro para projetos e programas que fossem considerados prioritários para o desenvolvimento do setor. Seus recursos destinavam-se ao apoio de programas e projetos que compreendiam a pesquisa básica ou aplicada, a inovação, a transferência tecnológica, o intercâmbio de conhecimento, o desenvolvimento de pessoal capacitado e a manutenção da infra-estrutura de pesquisa ³.

O FNDCT financiou três Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT), com objetivos bem distintos. Inicialmente, o plano PBDCT I (1973-1974), dentro do âmbito do I Programa Nacional de Desenvolvimento (PND), tinha como objetivo fortalecer o FNDCT e outros fundos, aumentando seus recursos. Através do II PND, o plano seguinte, PBDCT II (1975-1979) definia, como prioridade, o desenvolvimento de novas tecnologias e tinha o objetivo de “transformar a ciência e tecnologia em força motora do processo de desenvolvimento e modernização do País, industrial, econômica e socialmente” (SALLES-FILHO, 2003; *apud* CAVALCANTE, 2009, p. 13). No início da década de 1980, foi desenvolvido o PBDCT III (1980-1985). Este plano diferia-se dos anteriores no sentido em que estabelecia diretrizes para orientar as ações dos setores público e privado, no lugar de apenas definir as ações dos programas, dos projetos e das atividades governamentais (DAHLMAN; FRISCHTAK, 1993; SALLES-FILHO, 2003).

Porém, a instabilidade macroeconômica da década de 1980, as baixas taxas de investimento, a crescente ineficiência na alocação de recursos e as incertezas orça-

³Ainda na década de 1970, outra instituição importante foi criada: a Secretaria de Tecnologia Industrial (STI, em 1972). Essa secretaria incorporou instituições vinculadas ao Ministério da Indústria e Comércio e manteve seus programas de P&D, além de fornecer recursos e informações científicas para o desenvolvimento tecnológico empresarial, regular e administrar um sistema de transferência de tecnologia e um sistema de direitos sobre propriedade intelectual (DAHLMAN; FRISCHTAK, 1993).

mentárias fizeram com que a política industrial brasileira desse período tivesse pouca força no conjunto de políticas econômicas. Salvo políticas como a Política Nacional de Informática e programas de investimento à exportação, a maioria fracassou ou foi mal implementada (como a própria Política Nacional de Informática e a Nova Política Industrial) (SUZIGAN, 1996).

Com a abertura econômica, o Governo Collor (1990-1992) decidiu aplicar um “choque de competitividade” na indústria (SALERNO; KUBOTA, 2008) ao tomar medidas como a eliminação da reserva de mercado no setor de informática com o Programa Federal de Desregulamentação, a redução de recursos para pesquisa básica e acadêmica (cortes no orçamento do FNDCT) e a mudança do foco da FINEP, para que esta financiasse a tecnologia industrial.⁴

Com a edição da lei nº 8.661, em 1993, que dispunha sobre incentivos fiscais para a indústria e agropecuária⁵, uma importante medida foi tomada no sentido de promover a inovação e a competitividade das empresas. Porém, a enorme burocracia na aquisição dos incentivos, juntamente com o viés de seleção para grandes empresas (essa lei fornecia incentivos em proporções aos lucros reais, tipo de sistema pouco utilizado pelas pequenas empresas) e a redução dos incentivos para 4% do IRPJ, decorrente do ajuste fiscal de 1997, fizeram com que apenas 110 empresas (com 160 projetos) utilizassem o PDTI durante os 10 anos em que vigorou – 1994 a 2004 (ARAÚJO, 2010).

No segundo governo de Fernando Henrique Cardoso (1999-2002), com o plano Avança Brasil, o papel do estado como promotor, regulador e financiador da C&T fica

⁴Além destas, outras medidas para incentivar a competitividade incluíam a criação de parques tecnológicos próximos a universidades, a extinção e/ou redução de projetos de P&D governamentais e uma maior preocupação com a governança das universidades (financiamento, autonomia gerencial e responsabilidade social e econômica) (SCHWARTZMAN et al., 1995).

⁵Respectivamente, Programas de Desenvolvimento Tecnológico Industrial - PDTI e Programas de Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário - PDTA.

mais evidente com a institucionalização da PINTEC (Pesquisa de Inovação Tecnológica), com a publicação do *Livro Branco*⁶, com a criação dos Fundos Setoriais e com a reformulação da atuação do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) que, a partir daí, teve um papel mais ativo na promoção de políticas voltadas à C&T.

Outras ações governamentais para promoção do setor de C&T são relacionadas por [Moreira et al. \(2007\)](#) e incluem: i) a criação do CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - 2001), com as finalidades de fazer estudos prospectivos na área de C&T, bem como realizar avaliações dos impactos das políticas, programas e projetos de fomento à C&T; ii) as reformas nas estruturas do CNPq e FINEP; iii) a criação de novos instrumentos de incentivo⁷; iv) o fortalecimento do FNDCT; e v) a proposta da Nova Lei de Inovação (sancionada no governo Lula), cujo objetivo principal é usar a pesquisa feita nas universidades e transformar em inovação científica e tecnológica.

No início do seu primeiro mandato (2003-2006), o ex-presidente Lula lançou a PITCE (Política Industrial Tecnológica e de Comércio Exterior) com o intuito de aumentar a eficiência da estrutura produtiva, a capacidade de inovação do setor produtivo brasileiro e expandir as exportações e que atuava, segundo [Almeida \(2009\)](#), em três eixos: i) ações horizontais (e.g. inovação e desenvolvimento tecnológico e aumento das exportações); ii) promoção de setores estratégicos (e.g. softwares, medicamentos); e iii) atividades portadoras de futuro (bio e nanotecnologia).

Dentro da PITCE, foram sancionadas leis importantes no que tange a inovação. A primeira, em 02/12/2004, foi a Lei da Inovação (nº 10.973), que incentiva a inovação e a pesquisa no setor produtivo, a partir da integração do tripé universidade-instituições de pesquisa-empresas. Em seguida, uma “nova versão” da Lei da Informática (nº

⁶Uma “agenda de consenso que orienta a direção” da política industrial de longo prazo.

⁷Vide Apêndice [B.1](#) para mais detalhes.

11.077/04) definia novos prazos para a isenção dos impostos das empresas de informática e automação que investirem em P&D, além de estabelecer que as empresas beneficiadas com isenção de IPI devem investir, anualmente, em atividades nacionais de P&D com foco em tecnologia da informação, pelo menos, 5% do seu faturamento bruto no mercado interno.

A Lei de Biossegurança (Lei 11.105 de 23/05/2005) regulamenta o CNB (Conselho Nacional de Biotecnologia) e facilita a prática de pesquisa e inovação neste setor (e.g. permite estudos com células-tronco embrionárias). Também em 2005, foi sancionada a Lei 11.196, cujo capítulo III é conhecido por “Lei do Bem” e foi importante porque fez uma releitura da Lei 8.661/93, cancelando a necessidade de avaliação prévia dos projetos (necessária no PDTI e no PDTA), automatizando a liberação dos incentivos para as empresas e criando outros incentivos de apoio à cooperação universidade-empresa, à inovação tecnológica e à contratação de pessoal técnico especializado em P&D (ARAÚJO, 2010) ⁸.

Em 2008, por conta da demanda por uma política industrial, no segundo mandato (2007-2010), o ex-presidente Lula instituiu a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), com uma abrangência setorial maior que a PITCE e com quatro “metas-país”, quais sejam: i) ampliar o investimento fixo: aumentar a proporção “investimento/PIB” de 17,6% em 2007, para 21% em 2010; ii) elevar o gasto privado em P&D: sair da posição de 0,51% do PIB, em 2005, para 0,65% em 2010; iii) ampliar as exportações: ser responsável, em 2010, por 1,25% das exportações mundiais, contra 1,18% em 2007; e iv) dinamizar o gasto privado em P&D: aumentar em 10% o número de micro e pequenas empresas que exportam (em 2007 eram, quase, 11.800).

⁸Maiores detalhes sobre as Leis de Inovação, Informática e Lei do Bem podem ser vistos no Apêndice A.1.

Entre outros fatores, a forte crise econômica de 2008 limitou os investimentos e impossibilitou a obtenção dos primeiros objetivos. Apenas o 3º objetivo foi ultrapassado, com o Brasil sendo responsável, em 2009, por cerca de 1,26% das exportações mundiais, sendo grande parte deste resultado atribuído à exportação de *commodities* primárias.

Em novembro de 2007, foi anunciado pelo MCT o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional (PACTI), que serviria de “guia” das ações governamentais em C,T&I. Ao utilizar uma metodologia sistêmica, seus objetivos eram delinear programas e direcionar os recursos de forma estratégica, sendo que uma das prioridades deste plano era a promoção da inovação tecnológica nas empresas.

Dentro deste plano, foi criado o Programa Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT), que visa criar uma rede nacional de grupos de P&D. Outros objetivos deste programa incluem: i) a articulação dos melhores grupos de pesquisa, que atuem em áreas estratégicas e na fronteira, para obter um desenvolvimento nacional sustentável; ii) alavancar a pesquisa básica, para que seja competitiva internacionalmente; e iii) estruturar, junto à empresas inovadoras, o Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec), de modo a estimular a pesquisa de ponta, a inovação e o espírito empreendedor.

Em linhas gerais, estas são algumas das políticas industriais e de inovação adotadas no Brasil até os dias atuais. O presente trabalho não pretende exaurir os detalhes de cada uma, mas dar um quadro geral de como o Sistema Nacional de Inovação se desenvolveu e fornecer uma base para a compreensão do conjunto de instrumentos de incentivo utilizados atualmente.

2.2 A FINEP e os Fundos Setoriais

Criada em 1967 com o objetivo de institucionalizar o Fundo de Financiamentos de Estudos de Projetos e Programas, a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) é uma empresa pública vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, que se tornou Secretaria Executiva do FNDCT (Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) em 1971.

Nas décadas de 1970 e 1980, a economia brasileira enfrentou duras crises, como a crise do petróleo, a crise da dívida e a crise no balanço de pagamentos. Essas crises e os cortes que o fundo recebeu no início da década de 1990, limitaram a eficácia do FNDCT, ocasionando descontinuidades nos financiamentos e limitando o sucesso dos projetos.

Por conta da crescente preocupação relacionada à continuidade dos recursos para financiamento público, foi definido que algumas receitas fiscais da União deveriam ser vinculadas às despesas específicas. Dentro deste contexto e para promover uma ampliação e estabilização dos recursos públicos para investimento em C&T, foram criados, ao final da década de 1990, os Fundos Setoriais, como um mecanismo de vinculação das receitas obtidas em setores específicos (tais como petróleo e energia elétrica) às despesas destes mesmos setores. Entre os 18 Fundos existentes atualmente⁹, com exceção de três Fundos (Fundo Verde-Amarelo, CT-Infra e o Fundo de Ações Transversais), todos possuem seus recursos vinculados ao próprio setor¹⁰, sendo que suas receitas são alocadas ao orçamento do FNDCT e administradas pela FINEP e pelo CNPq.

No Brasil, a alocação orçamentária para as medidas de inovação aumentou de

⁹O FUNTTEL é o único não gerido pela FINEP, sendo administrado pelo Ministério das Comunicações.

¹⁰Maiores detalhes no Apêndice C.

forma constante na última década (apesar dos cortes no orçamento em alguns anos), notadamente devido à vinculação introduzida pelos Fundos Setoriais.

Entretanto, esta vinculação possui dois pontos fracos. O primeiro é relacionado à substituição de recursos públicos no orçamento para C&T, pois “os recursos do orçamento fiscal para o FNDCT, denominados Fonte 100, que eram os que o alimentavam no primeiro período (1967-1997), praticamente passaram a ser marginais após a consolidação dos Fundos Setoriais” (MELO, 2009, p. 106). Em outras palavras, “com a criação das receitas vinculadas do FNDCT, o governo deixou até mesmo de alocar os montantes prévios do Tesouro Nacional” (BASTOS, 2003, p. 252).

O segundo ponto fraco ocorre porque a vinculação não implica igualdade entre os recursos obtidos e as despesas realizadas (GUIMARÃES, 2006), pois, na década de 1990, o Governo estabeleceu uma programação orçamentária que definia limites para os valores empenhados e determinava uma movimentação financeira para pagamento de despesas. Essa programação orçamentária contingenciava as despesas e o *superávit* financeiro gerado por essa limitação permanecia no caixa dos fundos, instituições e autarquias, mas estes recursos não podiam ser utilizados para a amortização da dívida pública (GUIMARÃES, 2006).

A partir de 2003, as despesas relacionadas à C&T foram excluídas do contingenciamento. Contudo, dentro do orçamento da União foi definida uma reserva de contingência, criada a partir da receita dos Fundos Setoriais e cuja disponibilização depende de abertura de um crédito suplementar. Não obstante, apesar desta nova forma de contingenciamento, com um cenário econômico relativamente estável da última década e após mudanças institucionais e no arcabouço legal brasileiro (principalmente no âmbito da Lei da Inovação), tanto a FINEP quanto o FNDCT possuem mais recursos para investir em atividades de C,T&I. Tanto que hoje, a FINEP possui quatro linhas de

apoio à inovação, quais sejam:

- Apoio à inovação em empresas;
- Apoio às instituições de ciência e tecnologia (ICT's);
- Apoio à cooperação entre as ICT's e empresas; e
- Apoio a ações de ciência e tecnologia para o desenvolvimento social.

Dentro da linha de apoio à inovação em empresas, a FINEP possui diversas programas (Quadro 2.1) que operam, basicamente, em dois eixos: apoio reembolsável e apoio não reembolsável ¹¹.

Quadro 2.1: Programas da FINEP para apoio à inovação

Financiamento às Empresas	FINEP Inova Brasil
	Juro Zero
Programa de Capital de Risco	INOVAR
Apoio Não Reembolsável e Outros tipos	Subvenção Econômica
	Prime
	14Bis
	PNI

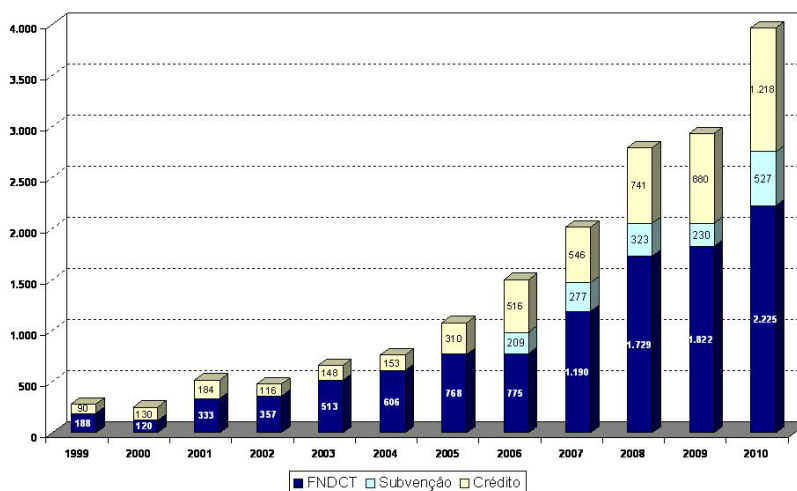
Fonte: FINEP (2011a).

Considerado o principal mecanismo governamental de suporte à inovação nas empresas, o grupo dos Fundos Setoriais é um mecanismo de incentivo direto a projetos nacionais de P&D e o intuito de sua criação é estimular e criar uma cultura de inovação nos setores considerados importantes, além de fornecer recursos complementares e contínuos para os projetos desenvolvidos pela tríade universidades, setor produtivo e centros de pesquisa.

¹¹Vide Apêndice B.1 para mais detalhes sobre esses programas.

Os Fundos Setoriais adquirem recursos através de várias fontes¹², cada qual dependendo do Fundo específico. Por conta do contingenciamento e do cenário macroeconômico, nos primeiros anos de implantação (1999 e 2000), os recursos disponíveis eram escassos (cerca de R\$ 200 milhões empenhados) e não havia um direcionamento explícito aos projetos empresariais, por conta da regulação e do arcabouço legal existentes à época (SALERNO; KUBOTA, 2008). Com as mudanças nos marcos regulatórios citadas acima, e com o primeiro edital, em 2006, do mecanismo de subvenção econômica, os recursos puderam ser injetados diretamente nas empresas e houve um aumento significativo na execução financeira dos Fundos Setoriais (subvenção e crédito) atingindo, em 2010, um total executado de, aproximadamente, R\$ 1.3 bilhão (Figura 2.1).

Figura 2.1: Evolução da Execução da FINEP, por modalidade e ano (em R\$ milhões).



Fonte: FINEP.

Os recursos dos Fundos Setoriais destinam-se aos dois tipos de apoio (não reembolsáveis e reembolsáveis), bem como à projetos de cooperação entre universidades e

¹²As receitas são provenientes da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico (CIDE), dos resultados da exploração de recursos naturais pertencentes à União e de parcelas sobre o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) de certos setores.

empresas. Os programas de apoio não reembolsáveis (ou seja, recursos que não precisam ser devolvidos) visam reduzir os custos de P&D, além de fornecer condições financeiras que ajudem a consolidar a fase de desenvolvimento inicial de empreendimentos nascentes com alto valor agregado. Tais linhas têm como público-alvo as instituições públicas e as organizações privadas sem fins lucrativos, que possuam algum projeto de pesquisa (seja ela científica, tecnológica ou de inovação) ou que façam algum estudo ou evento voltado à troca de conhecimento.

Com os objetivos de fornecer financiamentos sem juros¹³, fornecer crédito para projetos com foco na inovação e de financiar, com encargos reduzidos, projetos de inovação que possuam relação com as diretrizes da política industrial nacional, os recursos reembolsáveis foram desenhados para atender às empresas privadas que visam lucro e instituições que demonstrem capacidade de pagamento e condições para desenvolver projetos de P&D.

Uma das formas de acesso aos recursos se dá através de chamadas públicas, que são mecanismos estruturados para competição pública pelos recursos. São utilizados, em sua maioria, pelos programas de subvenção e de incentivos não reembolsáveis. Os recursos concedidos às ICT's são não reembolsáveis e estas são responsáveis pela realização dos projetos de interesse da iniciativa privada.

Outra forma de acesso são os mecanismos de fluxo contínuo, delineados para que os projetos escolhidos utilizem os recursos reembolsáveis em demandas induzidas ou espontâneas (FINEP, 2011a). As firmas particulares custeiam uma parcela do projeto e seus próprios gastos, sendo que este aporte pode ser financiado utilizando recursos reembolsáveis, se as empresas tiverem projetos cooperativos com ICT's.

¹³Na verdade, tais empréstimos possuem juros, mas se a firma mativer os pagamentos em dia, tais juros são subsidiados com recursos do Fundo Setorial Verde-Amarelo.

Para gerir melhor tais recursos e para tentar diminuir o problema de perigo moral, os FS's são administrados por Comitês Gestores, formados por representantes dos três setores da economia (governo, privado e acadêmico). A definição dessa sinergia pode ser observada no documento que contém as diretrizes gerais do primeiro FS criado em 1999, o CT-Petro:

“Estimular a apresentação de programas e projetos que envolvam cooperação entre centros de pesquisa, universidade e empresas que componham o ciclo de interesse de produção final do produto ou processo, incentivando a constituição de redes cooperativas de pesquisa.”(FINEP, 1999, p. 2).

Com o propósito de integrar as ações dos diversos Comitês Gestores e direcioná-las à um objetivo comum, em 2004 foi criado o Comitê de Coordenação dos Fundos Setoriais, presidido pelo ministro do MCT e formado pelos presidentes de cada Comitê e pelos presidentes da FINEP e do CNPq.

Outra característica importante dos Fundos Setoriais é a plurianualidade. Isto fornece uma garantia e um auxílio maior à projetos de P&D que, normalmente, possuem prazos de maturação maiores que os exercícios fiscais. Ademais, este mecanismo trabalha como instrumento de integração nacional ao promover a desconcentração e disseminação das atividades de C&T, uma vez que, no mínimo, 30% dos seus recursos devem ser aplicados nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste (exceto o CT-Petro, que destina, no mínimo, 40% para tais regiões).

Capítulo 3

Dados e Metodologia de Análise

3.1 Bases de Dados

A base utilizada neste trabalho é uma atualização da base de [Araújo et al. \(2010\)](#), onde foram incluídos os valores recebidos pelas empresas, e não apenas o fato de ter sido financiada ou não. Com essa informação, pôde-se estimar o efeito dos diferentes montantes de incentivo nas variáveis de resultado.

As informações foram obtidas em quatro fontes distintas. Os dados sobre os acessos e o volume de recursos fornecidos pelo Governo através dos Fundos Setoriais foram obtidos junto ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Nesta base, com informações de mais de 13 mil projetos apoiados por este mecanismo, foram identificadas cerca de 800 empresas que receberam incentivos entre os anos de 2000 e 2008.

Para cada uma dessas empresas, definiu-se uma variável binária que têm valor “1” no primeiro ano em que a firma acessou os Fundos Setoriais, “0” nos anos anteriores e *missing* nos períodos posteriores. Com esta estratégia, pretendeu-se evitar a comparação de empresas que acessaram os Fundos pela primeira vez com empresas que foram

apoiadas diversas vezes, de modo que os impactos pudessem ser avaliados de maneira homogênea, a partir do momento em que as empresas acessaram os Fundos Setoriais. O valor dos recursos foi adicionado na base utilizando a mesma lógica.

Cabe ressaltar que tais acessos envolvem as empresas que tiveram projetos cooperativos com universidades e ICT's, nas condições de executoras, co-executoras, proponentes e intervenientes. Além destas, foram consideradas no grupo de tratamento as empresas que receberam créditos com juros subsidiados. Apesar destas empresas não receberem recursos diretos dos Fundos Setoriais, a equalização das taxas de juros é financiada por este instrumento (ARAÚJO et al., 2010, p. 8).

Como não foi feita uma distinção entre as modalidades de acesso, foram estimados os impactos dos Fundos Setoriais de uma forma geral, considerando-se os indicadores das firmas, segmentados em indicadores de esforços tecnológicos e em indicadores de resultados (conforme Figura 1.5).

No Capítulo 1, foi visto que a maioria dos estudos avalia os esforços tecnológicos com base no dispêndio em P&D realizado pelas firmas (tanto interna, quanto externamente). No Brasil, tais informações são coletadas pelo IBGE¹ e relacionadas na PINTEC, porém não foi possível obter acesso à tais dados em tempo hábil.

Por consequência, foi utilizada uma *proxy* para tais gastos, a variável *PoTec*, ajustada por Araújo et al. (2009) e que inclui diversos grupos ocupacionais da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) (Quadro 3.1). Essa variável foi criada a partir de informações da RAIS², obtida junto ao Ministério do Trabalho e Emprego.

¹Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

²Relação Anual de Informações Sociais.

Quadro 3.1: Grupos Ocupacionais do *PoTec*

Grupo Ocupacional	Códigos (CBO 2002)
Pesquisadores	203 (Pesquisadores)
Engenheiros	202 (Engenheiros Mecatrônicos) 214 (Engenheiros Cívicos, etc.) 222 (Engenheiros Agrônimos e de Pesca)
Diretores e Gerentes de P&D	1.237 (Diretores de P&D) 1.426 (Gerentes de P&D)
Profissionais “científicos”	201 (Biotecnologistas, Geneticistas, Pesquisadores em Metrologia e Especialistas em Calibrações Meteorológicas) 211 (Matemáticos, Estatísticos e afins) 212 (Profissionais de Informática) 213 (Físicos, Químicos e afins) 221 (Biólogos e afins)

Fonte: Araújo et al. (2009)

Infelizmente, dadas as limitações de acesso, não foi possível avaliar os resultados das firmas em termos de inovação (patentes). Tal avaliação foi feita apenas em relação ao crescimento das empresas e ao valor de suas exportações de alta intensidade tecnológica. Não obstante, o crescimento da firma seria melhor avaliado com o acesso aos dados de faturamento (também presentes na PINTEC). Para contornar tal limitação, o total de pessoas empregadas (presente na RAIS) foi utilizado como *proxy* para o tamanho da firma.

O Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior forneceu a base com informações sobre as exportações das empresas. Para obter o valor de exportações por intensidade tecnológica, foi utilizado um tradutor a partir da classificação da UNCTAD³ 2002. Porém, na base de dados acessada, essas informações somente

³United Nations Conference on Trade and Development.

cobrem os anos até 2007, o que limitou o horizonte temporal da base.

A última base relaciona as informações coletadas pelo Banco Central, em seu Censo de Capitais Estrangeiros no País (ano base: 2000) e fornece a informação se a empresa é multinacional.

A partir das informações agregadas destas quatro bases de dados, foi criada uma base final que cobre o período de 2000 à 2007, com as seguintes informações das empresas: i) pessoal ocupado; ii) pessoal técnico-científico (*PoTec*); iii) variável indicadora do ano de “estréia” nos Fundos Setoriais; iv) modalidade de estréia v) valor do incentivo (total dos projetos mais total de crédito, deflacionado pelo IPCA); vi) renda média dos trabalhadores (obtida na RAIS, deflacionada pelo IPCA); vii) variável indicadora de empresa multinacional; viii) natureza jurídica (obtida na base dos Fundos Setoriais); ix) valor das exportações de alta tecnologia (em US\$); x) região geográfica onde a empresa se encontra (grandes regiões brasileiras); e xi) a CNAE⁴ versão 2.0.

Quadro 3.2: Perfil das empresas apoiadas pelos Fundos Setoriais, 2000-2007.

Descrição	Valor dos Incentivos Recebidos (R\$ mil)	Pessoal Ocupado	Pessoal Técnico-Científico	Salário Médio (R\$)	Exportações de Alta Intensidade Tecnológica (US\$)
Média	2.367,11	1.047	50	1.626	4.623.738
Desvio Padrão	7.871,08	3.027	350	1.190	31.879.408
Mediana	271,14	212	3	1.260	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta base, foram consideradas apenas as empresas classificadas nos registros administrativos das bases da RAIS de 2006 e 2007 como pertencentes à indústria (código CNAE 2.0 entre 05 e 33) e que tivessem 5 empregados ou mais nesses anos. Como será delineado adiante, para estimar o impacto dos Fundos Setoriais é necessário um período de defasagem, logo apenas as empresas que acessaram esses mecanismos entre

⁴Classificação Nacional de Atividades Econômicas.

2001 e 2006 foram consideradas para o grupo de tratamento. A partir das limitações de informações e após os filtros aplicados, a base final contém 344 empresas tratadas e 113 mil firmas não-tratadas. No Quadro 3.2, acima, são relacionadas algumas estatísticas descritivas sobre as variáveis mais importantes das empresas tratadas.

O Quadro 3.3 abaixo mostra a distribuição das empresas, de acordo com o tipo de mecanismo acessado. Pode-se observar que a maioria (70,6%) acessa os recursos dos Fundos Setoriais somente através de projetos cooperativos e poucas empresas acessam esses recursos juntamente com incentivos via crédito subvencionado (2,6%). Há uma retomada no número de empresas que acessaram esses recursos, após uma queda em 2003. Entre outros motivos, é provável que tal retomada esteja ligada às mudanças nos marcos legais relativos à inovação que aconteceram, principalmente, em 2004.

Quadro 3.3: Número de empresas por estréia nas diferentes modalidades de apoio dos Fundos Setoriais entre 2001 – 2006.

Ano	Projetos Cooperativos	Crédito subvencionado	Ambos	Total
2001	-	17	0	17
2002	47	13	3	63
2003	13	5	0	18
2004	79	0	0	79
2005	56	25	2	83
2006	48	32	4	84
Total	243	92	9	344

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 O Método de *Propensity Score Matching*

Em experimentos não aleatórios, os resultados dos grupos de tratamento e controle não são diretamente comparáveis, pois as unidades que foram expostas à um determi-

nado tratamento possuem características intrínsecas que as diferem de unidades não expostas, ou expostas a outros níveis de tratamento (ROSENBAUM; RUBIN, 1983).

Ao se definir um escore para balancear os grupos, de acordo com características pré-tratamento, pode-se obter pares diretamente comparáveis, o que possibilita avaliar os efeitos das intervenções. Defina, então, esse escore de balanceamento, ps , como uma função das covariáveis observadas X , de tal modo que:

$$X \perp\!\!\!\perp T | ps(X)$$

Em outras palavras, a alocação do tratamento e as covariáveis observadas são condicionalmente independentes, dado o escore de propensão. Isso faz com que as características X , dado que são controladas por $ps(x)$, serão semelhantes nos grupos de empresas tratadas e não tratadas. Este escore, ps , é definido como a probabilidade condicional de receber o tratamento, dadas as covariáveis:

$$ps(X) = Pr(T > 0 | X) \quad (3.1)$$

A suposição de ignorabilidade da alocação do tratamento ($Y_i \perp\!\!\!\perp T_i | X_i$) será verdadeira se $0 < ps(X) < 1$. Essa condição é chamada de suporte comum e assegura que as firmas com as mesmas variáveis X tenham probabilidades positivas de pertencerem tanto ao grupo dos tratados, quanto ao grupo dos não tratados (CALIENDO; KOPEINIG, 2008).

Quando a ignorabilidade do tratamento e a condição de suporte comum são satisfeitas, Rosenbaum e Rubin definem esta condição como “forte ignorabilidade da alocação do tratamento” (1983, p. 43). Se esta condição estiver ativa, a diferença das respostas

observadas para os grupos, dado $ps(X)$, é igual ao efeito médio do tratamento condicionado à esse escore:

$$ATE_3 \equiv E[Y_1|ps(X), T > 0] - E[Y_0|ps(X), T = 0] = E[Y_1 - Y_0|ps(X)] \quad (3.2)$$

Vários métodos foram desenvolvidos para parear as observações a partir do $ps(X)$. O método do “vizinho mais próximo” (*nearest neighbor matching*) casa as firmas que tiverem escores de propensão mais próximos. Para medir esta “proximidade”, geralmente, é calculada a distância de Mahalanobis (MAHALANOBIS, 1936).

Uma variação deste primeiro, o *caliper matching* define um limite para a distância entre os escores. Isso é feito para evitar pareamentos nos quais a distância entre a probabilidade dos controles e tratados é grande. Neste método, as observações tratadas que não possuem pares são removidas da base final.

O método de subclassificação (ou pareamento intervalar) consiste em selecionar aleatoriamente um grupo de unidades usando o escore de propensão, de modo que $ps(X)$ será o mesmo em cada grupo. Além disso, em cada grupo devem haver unidades tratadas e não tratadas, o que possibilita a estimação do ATE_3 como sendo a média da diferença dos resultados das observações tratadas em cada grupo.

Outro método muito utilizado é o de pareamento via função *kernel* (*kernel matching*), no qual todas observações não tratadas são ponderadas por um peso estimado a partir da função *kernel*, de modo que contrafactuais possam ser definidos. O ATE é a média ponderada da diferença entre os valores do grupo tratado e do grupo controle.

Não é pretensão deste trabalho explicitar todos os procedimentos de pareamento existentes na literatura, mas, sim, mencionar aqueles procedimentos utilizados nesta avaliação. Para maiores informações sobre estes procedimentos, e sobre outros não

citados aqui, recomenda-se a leitura de [Rosenbaum e Rubin \(1983\)](#), [Heckman et al. \(1998\)](#), [Morgan e Winship \(2007, Capítulo. 4\)](#) e [Caliendo e Kopeinig \(2008\)](#).

3.3 O *Propensity Score* Generalizado e a Função Dose-Resposta

Em vários estudos, principalmente aqueles que investigam os impactos de políticas públicas, o tratamento não ocorre de forma binária. Em se tratando de incentivos à P&D, empresas diferentes recebem montantes distintos que podem ter impactos diferenciados em seu investimento privado.

Nos últimos anos, várias metodologias para estimar a função dose-resposta foram desenvolvidas ([IMBENS, 2000](#); [LECHNER, 2001](#); [LECHNER, 2004](#); [HIRANO; IMBENS, 2005](#); [FLORES, 2005](#)), sendo que um dos mais utilizados é o método paramétrico de [Hirano e Imbens \(2005\)](#). Neste trabalho, optou-se por utilizar o método proposto por [Imai e Dyk \(2004\)](#), por ser um método não-paramétrico, o que é um auxílio quando não é possível obter normalidade dos dados.

Nessa abordagem, considere uma amostra aleatória de unidades indexadas por $i = 1, \dots, N$. Para cada unidade i , considere a existência de um conjunto de possíveis resultados $Y_i(t)$, para $\forall t \in \mathcal{T}$. Considere, também, que são observadas covariáveis X_i pré-tratamento e que o valor do tratamento, T_i , é contínuo. O objetivo é calcular a função de dose-resposta média $E[Y_i(t)]$ e a avaliar o efeito do tratamento nesta função. Para essa avaliação, os autores se baseiam nas mesmas suposições feitas detalhadas na seção [1.4.2](#), quais sejam:

S.1: SUTVA $p[Y_i(t_i)|T_j = t_j, X_i] = p[Y_i(t_i)|X_i] \forall i \neq j$ e $\forall [t_i, t_j] \in \mathcal{T}$; e

S.2: Forte ignorabilidade da alocação do tratamento $p(T|Y(t), X) = p(T|X) \forall t \in \mathcal{T}$ e $p(T \in \mathcal{A}|X) > 0 \forall X \in \mathcal{X}$ e para os conjuntos mensuráveis $\mathcal{A} \subset \mathcal{T}$.

O interesse, ao se fazer inferência causal, é avaliar o a distribuição de $p[Y(t)|X]$. Como visto antes, o problema em estudos que não seguem um desenho experimental é que apenas o resultado $Y(t = T)$ é observado, o que forneceria uma distribuição $p[Y(T)|X]$. Entretanto, acredita-se que T e X não são independentes, o que viesaria os resultados. Pela suposição S.2, vê-se que a solução para tal problema é condicionar nas variáveis observadas. Logo, tem-se que $p[Y(t)|T, X] \propto p[Y(t), T|X] = p[Y(t)|X]p[T|X] \propto p[Y(t)|X]$ e o efeito causal médio será dado por $E[Y(t_1) - Y(t_2)|X] = E[Y(t_1)|T = t_1, X] - E[Y(t_2)|T = t_2, X]$, onde $t_1 \neq t_2$.

Para evitar o viés de má especificação do modelo e, ao mesmo tempo, trabalhar com um parâmetro que possui dimensão menor que X , condiciona-se o valor esperado ao escore de propensão. No caso de tratamentos contínuos, [Imai e Dyk \(2004\)](#) generalizam o escore de propensão e definem uma função de propensão para facilitar o *matching*.

Na prática, essa função é a probabilidade condicional do tratamento observado, dadas as covariáveis, $p_\psi(T|X)$. Como essa probabilidade condicional não é diretamente observada, estima-se a função de propensão $p_\psi(\cdot|X)$ por $e_\psi(\cdot|X)$ sendo que ψ são os estimadores, geralmente calculados por máxima verossimilhança, que parametrizam essa distribuição. Em relação à essa parametrização, os autores fazem uma terceira suposição, de forma a facilitar a notação.

S.3: Função de Propensão Unicamente Parametrizada Para qualquer $X \in \mathcal{X}$, existe um parâmetro de dimensão finita $\theta \in \Theta$, tal que $e_\psi(\cdot|X) = e_\psi[\cdot|\theta_\psi(X)]$. Além disso, para todos os conjuntos mensuráveis $\mathcal{A} \subset \mathcal{T}$ tem-se que $\int_{\mathcal{A}} e_\psi(t|\theta) dt =$

$\int_{\mathcal{A}} e_{\psi}(t|\theta') dt$ implica em $\theta = \theta'$. Logo, θ unicamente representa $e[\cdot|\theta_{\psi}(X)]$, doravante $e(\cdot|\theta)$.

Os autores definem dois teoremas que são importantes para que se possa fazer inferência baseada na função de propensão (IMAI; DYK, 2004, p. 856).

T.1

$$p(T|X) = p[T|X, e(\cdot|X)] = p[T|e(\cdot|\theta)] \quad (3.3)$$

T.2

$$p[Y(t)|T, e(\cdot|X)] = p[Y(t)|e(\cdot|X)] \quad \forall t \in \mathcal{T} \quad (3.4)$$

O primeiro teorema mostra que a distribuição condicional do tratamento, dada a função de propensão, não depende das covariáveis (equação 3.3). Pelo segundo, os possíveis resultados e a alocação observada do tratamento são condicionalmente independentes dada a função de propensão (equação 3.4). Com o resultado do segundo teorema, para se obter a função dose-resposta, $p[Y(t)]$, basta integrar $p[Y(t)|e(\cdot|X)]$ sobre a distribuição da função de propensão:

$$p[Y(t)] = \int p[Y(t)|T = t, \theta] p(\theta) d\theta. \quad (3.5)$$

Na prática, a função de dose-resposta pode ser calculada a partir da aproximação da equação 3.5, por uma média ponderada dos efeitos de cada percentil k de θ , com pesos iguais aos tamanhos relativos de cada percentil.

$$p[Y(t)] \approx \sum_{k=1}^K p[Y(t)|T = t, \hat{\theta}_k] W_k. \quad (3.6)$$

Como estamos interessados no efeito médio, o valor esperado da equação 3.6 é

calculado como

$$E[Y(t)] \approx \sum_{k=1}^K E[Y(t)|T = t, \hat{\theta}_k] W_k. \quad (3.7)$$

Todavia, este tipo de análise restringe a avaliação apenas para as firmas que receberam tratamento e o *matching* é feito para verificar as diferenças entre aquelas que foram menos (ou mais) tratadas. Como um dos objetivos é avaliar as diferenças entre as empresas que foram apoiadas e aquelas que não foram, deve-se incluir nesta metodologia um mecanismo que leve em consideração o problema de auto-seleção.

Isso é feito a partir da abordagem proposta por [Adorno et al. \(2007\)](#), onde foi utilizado um *propensity score matching* no primeiro estágio, para definir os grupos de tratamento e controle. Dentro do grupo de tratamento que foi pareado, estimou-se a função de propensão, como definida acima.

Na estimação da função de propensão, deve-se levar em consideração o escore de propensão do primeiro estágio, logo $\theta = e[\cdot|X, \hat{p}(D = 1)]$. Onde $\hat{p}(D = 1)$ é o valor predito do tratamento binário D , estimado através de um modelo *probit*. Após este estágio, calcula-se a função de dose-resposta média como

$$E[\hat{Y}(t)] = \frac{1}{n_t} \sum_{i|t_i=t} \left\{ Y_i(t_i) - \sum_{j \in C} m_{ij} Y_j(0) \right\} \quad (3.8)$$

Onde C representa o grupo de empresas que foram definidas como “controle” e j é o número de empresas que são alocadas neste grup. O número de observações no qual $t_i = t$ é dado por n_t , sendo t_i o efeito do tratamento para a i -ésima unidade observacional. Desta forma, este estimador será calculado apenas nos níveis de tratamento observados t ([ADORNO et al., 2007](#), p. 77).

Com o resultado da equação 3.8, pode-se comparar as empresas apoiadas e as que não receberam recursos públicos e estimar os efeitos da intervenção em cada nível de tratamento para as variáveis resposta desejadas.

O mecanismo de ponderação m_{ij} , usado em 3.8 é construído a partir dos pesos da comparação de j observações para o indivíduo i no primeiro e no segundo estágio, respectivamente, w_{ij}^1 e w_{ij}^2 . Logo,

$$m_{ij} = \frac{w_{ij}^1 w_{ij}^2}{\sum_{j \in C} w_{ij}^1 w_{ij}^2}. \quad (3.9)$$

3.4 Estratégia Empírica

Para estimar a função dose-resposta a partir de um *matching* via tratamento contínuo, foi seguida a metodologia da Seção 3.3. De forma prática, primeiro estimou-se um modelo *probit* para prever a probabilidade de determinada firma ter acessado os Fundos Setoriais, dadas as suas características. Como poucas empresas acessaram os Fundos Setoriais *vis-à-vis* o total de empresas na indústria brasileira, foi utilizado um processo de amostragem repetida para diminuir o viés do ajuste probabilístico.

Sendo assim, foram feitas 450 repetições via *bootstrap* para determinar os parâmetros β , estimados via máxima verossimilhança para o seguinte modelo:

$$Pr(FS_i = 1 | \mathbf{X}_i) = G(\mathbf{X}_i \beta) \equiv p(\mathbf{X}_i) \quad (3.10)$$

Onde G é a função acumulada da distribuição Gaussiana, $\Phi(\mathbf{X}\beta)$, e \mathbf{X} é o vetor que contém as seguintes variáveis observadas:

PoTec: Pessoal ocupado técnico-científico (defasado e em *log*);

Po: Pessoal ocupado total (defasado e em *log*);

Multi: Variável binária, que assume o valor 1 caso a empresa tenha participação do capital estrangeiro superior a 50%;

SA: Variável binária, que assume o valor 1 caso a empresa seja sociedade anônima⁵;

Setor: Setor industrial, CNAE 2.0 a 2 dígitos;

Região: Grandes regiões do Brasil;

Ano: Variáveis binárias que indicam o ano no qual a empresa acessou os Fundos Setoriais pela 1ª vez;

Interações: Interações das variáveis *PoTec* e *Po* com as variáveis binárias *Ano*.

Após *bootstrap*, foi utilizada a mediana das estimativas β para se obter um escore de propensão que, por sua vez, possibilitou a definição dos grupos de controle e tratamento. Esta definição dos grupos foi feita a partir do procedimento de *kernel matching*, que define o contrafactual para cada observação tratada usando todas as observações definidas como controle, ponderando cada empresa deste conjunto pelo valor do escore de propensão estimado, $\hat{p}(\mathbf{X})$. Este peso, que será o peso w_{ij}^1 utilizado em 3.9, é definido como:

$$w_{ij}^1 = \frac{G\left[\frac{\hat{p}_j(\mathbf{X}) - \hat{p}_i(\mathbf{X})}{a_n}\right]}{\sum_{j \in C} G\left[\frac{\hat{p}_j(\mathbf{X}) - \hat{p}_i(\mathbf{X})}{a_n}\right]} \quad (3.11)$$

Onde $G(\cdot)$ é a função *kernel* utilizada para transformar a distância entre a observação tratada e todas as observações do grupo de controle. Neste trabalho, optou-se por

⁵Ou seja, que tenham códigos de natureza jurídica iguais a 204-6 ou 205-4.

utilizar a função *kernel* Gaussiana ($G(\cdot) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-0.5(\cdot)^2)$). Tem-se que a_n é o parâmetro de amplitude ⁶ que ajusta as diferenças entre os escores de propensão estimados com base no tamanho da amostra e $\hat{p}(\cdot)$ (MORGAN; WINSHIP, 2007, p. 109).

A partir do escore de propensão, foram feitos cortes de suportes comum, de maneira que as empresas que tiveram uma probabilidade estimada de acesso muito baixa (ou muito alta) foram eliminadas do pareamento, uma vez que não foram encontrados contrafactuais em sua vizinhança de probabilidade. Dentro dessa faixa de suporte comum, as empresas foram separadas em blocos baseados no escore estimado, de tal forma que nenhuma diferença significativa entre a média dos escores nos dois grupos pudesse ser observada.

Uma vez confirmado o balanceamento e obtidos os grupos diretamente comparáveis, estimou-se a função de propensão no grupo dos tratados (também com 450 repetições), pela seguinte equação:

$$T_i = \mathbf{Z}_i\boldsymbol{\beta} + \hat{p}_i(\mathbf{X}) \quad (3.12)$$

Onde T_i é o valor observado (em *log*) do incentivo dado para a empresa i , e $\hat{p}(\cdot)$ é o valor estimado do escore de propensão. O vetor \mathbf{Z} compreende variáveis que, acredita-se, explicam o montante dos recursos públicos tomados por cada empresa. O vetor \mathbf{Z} inclui a renda média (em *log*) dos trabalhadores, além das variáveis utilizadas para estimar 3.10⁷.

Pode-se verificar o balanceamento deste *matching* ao se fazer uma regressão para explicar cada covariável, controlando-se pelo valor do incentivo e pela função de pro-

⁶O valor ótimo deste parâmetro foi estimado utilizando-se o método “*plug-in*”, apresentado por (JONES et al., 1996).

⁷Quais sejam: PoTec, PO, Multi, SA, Setor, Região e Ano

pensão. Valores da estatística t próximos de zero para o \log do tratamento indicam um bom balanceamento (IMAI; DYK, 2004).

Depois de se verificar o balanceamento, foram calculados os percentis desta função de propensão e as empresas foram classificadas nestes percentis de acordo com seus valores de $\hat{e}(\cdot|\theta)$. Os pesos w_{ij}^2 foram definidos pela quantidade de empresas tratadas que foram classificadas em cada percentil.

Para se estimar a função dose-resposta, em cada percentil de $\hat{e}(\cdot|\theta)$ foi estimado um modelo linear no qual as variáveis de resultado foram explicadas pelo valor dos incentivos e pela função de propensão. Com essa estimativa, pretende-se comparar as trajetórias seguidas pelas firmas que acessaram os Fundos Setoriais *vis-à-vis* àquelas que não acessaram. Matematicamente, as equações ajustadas foram as seguintes:

$$Y_{i,m} = \beta \log(T_{i,m}) + \gamma \hat{e}(\cdot|\theta_{i,m}) + \varepsilon_{i,m} \quad (3.13)$$

$$\Delta Y_{i,m+s} = \beta' \log(T_{i,m}) + \gamma' \hat{e}(\cdot|\theta_{i,m}) + \varepsilon'_{i,m+s} \quad (3.14)$$

Onde m indica o período de estréia nos Fundos Setoriais e $s = 0,1,2,3,4$ indica os períodos à frente. Dado que a maturação de um investimento em P&D não ocorre, normalmente, no mesmo período no qual a empresa recebeu o apoio, optou-se por analisar os esforços tecnológicos em $m + s$.

Em 3.13 foram analisados os esforços tecnológicos na forma de pessoal técnico-científico e os indicadores de desempenho foram avaliados a partir do tamanho da empresa (como pessoal ocupado total) e do montante das exportações de alto conteúdo tecnológico. Os valores estimados de β e β' , em cada percentil de $\hat{e}(\cdot|\theta)$ são os efeitos médios de cada “dose” de incentivo. A partir desses resultados, calculou-se a função de dose-resposta média a partir de 3.8.

Não obstante, foram estimadas equações em primeira diferença (equação 3.14) de modo que as taxas de crescimento deste fatores também fossem avaliadas. Esse estimador *DID* (diferenças em diferenças) foi utilizado para capturar as mudanças nos indicadores de resultado causados pela intervenção, considerando-se que as diferenças não observadas entre as firmas apoiadas e não apoiadas são constantes ao longo do tempo. Em um contexto de avaliação contínua, o estimador apresentado em 3.15 pode ser modificado para considerar as mudanças de desempenho antes e depois do financiamento, em cada nível de tratamento t . Dessa forma o estimador 3.15 foi calculado como

$$\hat{\alpha}(t) = \Delta \bar{Y}^S(t_h < t_i < t_k) - \Delta \bar{Y}^{NS}(0) \quad (3.15)$$

Sendo $\Delta \bar{Y}^S(t_h < t_i < t_k)$ a variação média do desempenho entre os períodos antes e depois do incentivo, para aquelas empresas que receberam financiamentos dentro do intervalo $[t_h, t_k]$. Com essa estratégia, “a idéia é usar as informações do nível dos tratamentos para selecionar o grupo de firmas apoiadas (homogêneas pela quantidade de recursos recebidos) e estimar seus efeitos médios do tratamento com respeito a todo o grupo de controle” (ADORNO et al., 2007, p. 80, tradução livre do original, em inglês).

Outra avaliação que o método de tratamento contínuo permite, refere-se à estimação dos efeitos marginais dos incentivos sobre as variáveis resposta. Isto pode ser feito de maneira simples, aplicando-se um MQO com especificação quadrática para as firmas tratadas:

$$Y_i = \beta_1 \hat{\theta} + \beta_2 \hat{\theta}^2 + \mu_i$$

Capítulo 4

Resultados

4.1 Definição dos Grupos de Análise

Os procedimentos indicados na seção 3.4 foram aplicados à base de dados detalhada na seção 3.1. Os resultados do primeiro passo (estimação do modelo *probit* com 450 repetições) indicam que a especificação utilizada é satisfatória. Ademais, as medianas de todos os outros parâmetros apresentam bons ajustes, sendo seus coeficientes significativamente diferentes de zero, ou seja, estão dentro de um intervalo de confiança que não contém este valor. (Quadro 4.1).

Como esperado, o fato da empresa empregar funcionários técnico-científicos aumenta sua probabilidade de ser apoiada pelos Fundos Setoriais. Percebe-se, também, um favorecimento da indústria nacional, uma vez que o coeficiente para multinacionais foi negativo. Este resultado está de acordo com a proposta deste instrumento de estimular o investimento em P&D das firmas brasileiras.

Quadro 4.1: Distribuição dos Coeficientes *probit* após 450 repetições.

Variável	Estimativa (Mediana)	[Intervalo de Confiança - 95%]	
Log do pessoal técnico-científico ocupado (t_{-1})	0,156	0,104	0,238
Log do pessoal ocupado total (t_{-1})	0,213	0,127	0,255
Multinacional (<i>dummy</i>)	-0,505	-0,679	-0,305
Sociedade Anônima (<i>dummy</i>)	0,432	0,279	0,585
Log Verossimilhança	-2116,5	-2342,7	-1931,4

Nota: Não foram exibidas estimativas para as *dummies* de Setores, Região e Ano, bem como as interações.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por outro lado, este tipo de instrumento pode não ser o mais indicado para empresas pequenas, dado que o coeficiente do pessoal ocupado total indica que empresas maiores têm maiores chances de acesso. Cabe lembrar que o mecanismo dentro dos Fundos Setoriais desenhado para incentivar empresas de pequeno e médio porte é conhecido como “Subvenção Econômica” e não foi incluído neste estudo¹. Após estimar o escore de propensão, as empresas foram pareadas via *kernel matching*. Por conta da seleção das empresas dentro do suporte comum, o número de firmas do grupo controle foi reduzido de 113 mil para cerca de 1.8 mil. Já o grupo tratado foi reduzido para 330 empresas.

Uma vez definidos os grupos de tratamento e controle, foi feita uma avaliação das diferenças das médias desses dois grupos, avaliadas no ano anterior ao financiamento. O Quadro 4.2 mostra que os grupos, quando não pareados, apresentam diferentes valores médios das variáveis estudadas (p -valor < 0,05). Por outro lado, após o pareamento as firmas não apresentaram diferenças significantes para as médias das variáveis. Este resultado indica que as condições de balanceamento do *propensity score matching* foram satisfeitas. Como colocado por Araújo et al. (2010, p. 14), satisfazer a condição

¹Para mais detalhes, ver Nota nº “6” de Araújo et al. (2010, p. 8)

de balanceamento é fator essencial para eliminar o viés de seleção, além de indicar que as características das empresas no período pré-tratamento são homogêneas entre os grupos.

Quadro 4.2: Diferenças entre os grupos antes e após o pareamento

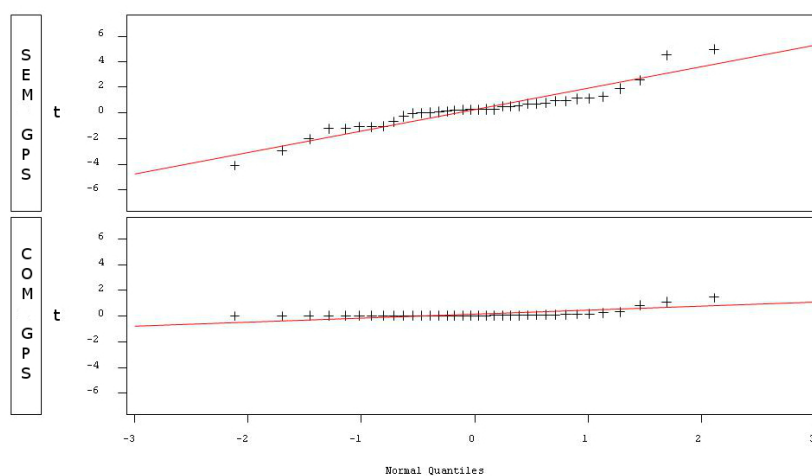
Variável	Amostra	Média		P-valor teste t da diferença
		Tratados	Não Tratados	
PoTec	Não pareada	49,5	0,6	0,0
	Pareada	47,0	22,9	0,2
Po	Não pareada	1046,7	50,5	0,0
	Pareada	924,8	722,7	0,1
Exportações de Alta Tecnologia	Não pareada	1,1E+07	3,0E+06	0,0
	Pareada	1,1E+07	2,5E+07	0,2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dado que as empresas são similares antes de receberem os incentivos, pode-se avaliar as trajetórias de seus indicadores a partir do momento em que as firmas tratadas receberam o apoio. Contudo, deve-se levar em consideração que as empresas tratadas podem percorrer trajetórias distintas por conta do montante de recursos recebidos e, por isso, optou-se por fazer um segundo pareamento, que leva em consideração os diferentes valores dos incentivos.

Para estimar o montante recebido por cada empresa e obter a função de propensão, ajustou-se um modelo Gaussiano (como descrito pela equação 3.12). O balanceamento da função de propensão obtida pode ser observado na Figura 4.1. Na parte superior, pode-se ver que o valor da estatística t varia entre -5 e 6 , quando não há controle pela função de propensão. Quando tal função é adicionada à regressão, o valor de t para o \log dos incentivos é próximo de zero para todas as covariáveis e o balanceamento é satisfeito.

Figura 4.1: Resultado do Balanceamento da Função de Propensão.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma vez obtido o balanceamento nos dois processos de *matching*, pode-se dizer que tanto o viés de seleção ao apoio, quanto o viés ocasionado por diferenças nos montantes deste, foram eliminados.

Com os valores estimados da função de propensão, as empresas apoiadas foram classificadas dentro dos decis desses valores e cada firma tratada, alocada em cada decil, possui um conjunto associado de empresas não tratadas (definido no primeiro pareamento). Desta forma, apesar de os grupos tratados terem a mesma quantidade de empresas que receberam recursos, os conjuntos de empresas não incentivadas podem ser de tamanhos diferentes.

4.2 Estimativas do Modelo Econométrico em Nível

O cálculo do efeito médio do incentivo é feito comparando-se os indicadores de esforços tecnológicos e de resultado das empresas que receberam apoio público em relação

aos indicadores das empresas que não receberam. Se o valor da diferença média desses esforços for positiva, e significativa, então há um efeito positivo e diz-se que a política tem a característica de incentivar o investimento privado.

Em se tratando do tamanho da firma, o Quadro 4.3 indica que o efeito geral do incentivo público foi de, aproximadamente, 5,2%. Isso quer dizer que, se houvesse um aumento de 1% nos recursos disponibilizados pelos Fundos Setoriais, as empresas que receberam tais recursos cresceriam 5%.

Quadro 4.3: Estimativas para o Tamanho da Firma

Valor do Incentivo	Decil	n Tratados	n Controles	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4
Efeito Geral	-	330	1753	5.24*	5.32*	5.38*	5.86*	5.72*
Até R\$ 4.838	1	33	160	5.31	5.56	5.65	5.76	5.59
De R\$ 4.839 a R\$ 16.527	2	33	107	5.43	5.45	5.52	5.65*	5.57*
De R\$ 16.528 a R\$ 56.406	3	33	122	6.25	6.28	6.31	6.56	6.52
De R\$ 56.407 a R\$ 112.473	4	33	254	4.03	4.2	4.16	2.75	3.21
De R\$ 112.474 a R\$ 222.222	5	33	245	4.92	4.96	5.17	0	0
De R\$ 222.223 a R\$ 349.816	6	33	141	5.05	5.43	6.04	5.3*	5.36*
De R\$ 349.817 a R\$ 521.362	7	33	249	4.73	4.81	5.18	0	0
De R\$ 521.363 a R\$ 807.915	8	33	138	4.73*	5	4.66	0	0
De R\$ 807.916 a R\$ 1.417.064	9	33	142	5.35	5.46	6.77	0	0
Maior que R\$ 1.417.064	10	33	195	6.66	6.82	5.75*	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: Os valores marcados com * indicam significância a 5%.

Além do efeito geral, os impactos dos Fundos Setoriais nas empresas do decil 8 (recursos da ordem de R\$ 521 mil até R\$ 807 mil) foram positivos e significativos da ordem de 4,7%, no ano em que as empresas receberam os incentivos. Os efeitos observados nos decis 2 e 6 ocorrem em um intervalo maior, com valores significativos da ordem de 5% a partir de três anos do recebimento dos recursos.

Dentre as empresas exportadoras de produtos de alta intensidade tecnológica, o efeito geral do acesso aos Fundos Setoriais é positivo e crescente ao longo do tempo (Quadro 4.4). Na avaliação por decil, percebe-se que o efeito no ano de acesso é significativo para os decis 1, 5 e 9. Neste último, as empresas que receberam recursos dos Fundos Setoriais entre R\$ 807 mil e R\$ 1.4 milhão exportaram, aproximadamente, 8% a mais em relação às empresas similares, que não acessaram.

Quadro 4.4: Estimativas para as Exportações de Alta Intensidade Tecnológica

Valor do Incentivo	Decil	n Tratados	n Controles	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4
Efeito Geral	-	330	1753	4.15*	4.22*	4.61*	5*	5.68*
Até R\$ 4.838	1	33	160	5.08*	4.7*	5.67*	6.23*	5.41*
De R\$ 4.839 a R\$ 16.527	2	33	107	4.01	4.67	4.47	4.6	5.79*
De R\$ 16.528 a R\$ 56.406	3	33	122	6.43	6.85	7.85*	6.95	10.53*
De R\$ 56.407 a R\$ 112.473	4	33	254	2.63	2.97	4.26*	0	0
De R\$ 112.474 a R\$ 222.222	5	33	245	4.57*	4.62	7.09*	0	0
De R\$ 222.223 a R\$ 349.816	6	33	141	4.7	5.73	6.82	9.16*	9.31*
De R\$ 349.817 a R\$ 521.362	7	33	249	3.74	4.83	6.5	0	0
De R\$ 521.363 a R\$ 807.915	8	33	138	4.63	5.38	5.45	0	0
De R\$ 807.916 a R\$ 1.417.064	9	33	142	7.88*	5.53	5.17	0	0
Maior que R\$ 1.417.064	10	33	195	6.38	6.56	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: Os valores marcados com * indicam significância a 5%.

Uma vez que a maioria dos projetos não fornece retornos rápidos e o mercado externo necessita de um tempo para absorver novas tecnologias brasileiras, faz sentido o efeito geral em t_4 ser 1,6% maior que o efeito observado em t_0 . Este efeito também é de forte intensidade para as empresas que receberam entre R\$ 16 mil e R\$ 56 mil (exportaram 10% a mais) e entre R\$ 222 mil e R\$ 349 mil (9% a mais).

Em relação ao investimento em P&D (sendo *PoTec* sua *proxy*), apenas o efeito geral no ano de acesso foi significativo (Quadro 4.5). Em outras palavras, as empresas tratadas tiveram um aumento médio de 1,5% no investimento em P&D no tempo t_0 , sendo que este valor cresce ao longo do tempo (com exceção de t_4 , que possui leve queda em relação à t_3). Assim, vê-se a consistência do efeito geral dos Fundos Setoriais ao longo do tempo, o que é condizente com seus propósitos.

Quadro 4.5: Estimativas para os Esforços Tecnológicos

Valor do Incentivo	Decil	n Tratados	n Controles	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4
Efeito Geral	-	330	1753	1.53*	1.6*	1.63*	1.84*	1.83*
Até R\$ 4.838	1	33	160	1.4	1.71	1.74	1.76	1.87
De R\$ 4.839 a R\$ 16.527	2	33	107	1.27	1.15	1.18	1.33	1.29
De R\$ 16.528 a R\$ 56.406	3	33	122	2.61	2.56	2.67	3.02	3.03
De R\$ 56.407 a R\$ 112.473	4	33	254	0.82	0.95	0.94	0	0
De R\$ 112.474 a R\$ 222.222	5	33	245	1.34	1.37	1.64	0	0
De R\$ 222.223 a R\$ 349.816	6	33	141	1.36	1.72	2.72	4.55*	4.61*
De R\$ 349.817 a R\$ 521.362	7	33	249	1.3	1.48	2.29	0	0
De R\$ 521.363 a R\$ 807.915	8	33	138	1.32	1.47	1.68	0	0
De R\$ 807.916 a R\$ 1.417.064	9	33	142	1.59	2.11	4	0	0
Maior que R\$ 1.417.064	10	33	195	2.95	3.2	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: Os valores marcados com * indicam significância a 5%.

Na avaliação por faixas, apenas os efeitos em prazos maiores (t_3 e t_4) para as empresas que receberam entre R\$ 222 mil e R\$ 349 mil foram significativos. Em outras palavras, se estas empresas recebessem recursos 1% maiores, seus investimentos em P&D seriam 4,5% em t_3 . Isto pode ser um indicativo da criação da cultura de inovação, ao menos nas empresas dessa faixa. Apesar de não ter sido possível obter diferenças

significativas para as faixas em todos os anos, a diferença média é sempre positiva e isto exclui um possível *crowding-out* dos investimentos privados.

4.3 Estimativas do Modelo Econométrico em Diferenças em Diferenças

A análise dos efeitos dos diferentes níveis de incentivos sobre os resultados e esforços tecnológicos das empresas também foi feita usando os estimadores DID, de modo que a influência de fatores não observáveis pudesse ser eliminada.

A idéia aqui é utilizar as informações dos diversos níveis de recursos para selecionar o grupo de empresas apoiadas e estimar seus efeitos médios do tratamento em relação a todo o grupo de controle.

De forma geral, as empresas que receberam recursos cresceram à taxas relativas anuais (em relação ao ano de acesso) maiores que as empresas que não receberam. Isso significa que as empresas tratadas aumentaram mais seu tamanho, de um ano para o outro, do que as empresas que não receberam recursos. Porém, tal efeito não possui grande magnitude, pois todos os efeitos significativos foram menores que 1%.

Dentre os valores do efeito geral, se houvesse um aumento de 1% no valor fornecido pelo governo, o maior impacto seria observado em t_4 , com uma taxa de crescimento de 0,18%. Ao avaliar as faixas, o maior efeito em diferenças é observado no primeiro decil (empresas que receberam até R\$ 4.8 mil), com valor de 0,56%. Também são observados valores significativos nos decis 2 (entre R\$ 4.839 e R\$ 16.527), 3 (entre R\$ 16.528 e R\$ 56.406), 6 (R\$ 222 mil e R\$ 349 mil) e 10 (incentivos maiores que R\$ 1.4 milhão).

Quadro 4.6: Estimativas DID para o Tamanho da Firma

Valor do Incentivo	Decil	t_1	t_2	t_3	t_4
Efeito Geral	0	0.09*	0.1*	0.1*	0.18*
Até R\$ 4.838	1	0.25	0.35*	0.45*	0.56*
De R\$ 4.839 a R\$ 16.527	2	0.02	0.08	0.22*	0.28*
De R\$ 16.528 a R\$ 56.406	3	0.04*	0.07*	0	0.15*
De R\$ 56.407 a R\$ 112.473	4	0.12	0.08	0.91	1.37
De R\$ 112.474 a R\$ 222.222	5	0.19	0.3	0	0
De R\$ 222.223 a R\$ 349.816	6	0.11*	0.05	0.2*	0.34*
De R\$ 349.817 a R\$ 521.362	7	0.21	0.14	0	0
De R\$ 521.363 a R\$ 807.915	8	0.15	0.83	0	0
De R\$ 807.916 a R\$ 1.417.064	9	0.18	0.68	0	0
Maior que R\$ 1.417.064	10	0.36	0.04*	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: Os valores marcados com * indicam significância a 5%.

As estimativas em diferenças para as exportações de alta tecnologia demonstram um resultado, de certa maneira, esperado, pois firmas incentivadas deveriam exportar relativamente mais desses produtos ao longo dos anos. Contudo, “requisitos de competitividade internacional não capturados pelo modelo” (ARAÚJO et al., 2010, p. 16), fazem com que o impacto marginal dos Fundos Setoriais nestes indicadores seja pequeno nos primeiros anos e maior com o passar do tempo (Quadro 4.7).

Tal resultado é similar ao visto no efeito geral, ou seja, além dos Fundos Setoriais auxiliarem no aumento do efeito contemporâneo, as empresas que acessaram tiveram uma taxa de exportações, em relação ao ano base, maior que as firmas que não receberam recursos.

Em relação aos decis, o maior efeito significativo em t_1 foi observado na faixa 6 (empresas que receberam entre R\$ 222 mil e R\$ 349 mil), sendo de magnitude 0,66.

Logo, se o governo liberasse um valor 1% maior para tais empresas, estas teriam uma taxa de crescimento de 0,66% das suas exportações.

Quadro 4.7: Estimativas DID para as Exportações de Alta Intensidade Tecnológica

Valor do Incentivo	Decil	t_1	t_2	t_3	t_4
Efeito Geral	0	0.22*	0.58*	0.63*	1.11*
Até R\$ 4.838	1	0	0.59	1.15	1.12
De R\$ 4.839 a R\$ 16.527	2	0.66	0.46	0.59	1.34
De R\$ 16.528 a R\$ 56.406	3	0.49	1.49	0	2.38
De R\$ 56.407 a R\$ 112.473	4	0.26	1.27	0	0
De R\$ 112.474 a R\$ 222.222	5	0	0.57	0	0
De R\$ 222.223 a R\$ 349.816	6	0.66*	0.47*	0.36*	0.66*
De R\$ 349.817 a R\$ 521.362	7	1.58	2.88	0	0
De R\$ 521.363 a R\$ 807.915	8	0.82	0	0	0
De R\$ 807.916 a R\$ 1.417.064	9	0	0	0	0
Maior que R\$ 1.417.064	10	0.85	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: Os valores marcados com * indicam significância a 5%.

Mais um indício de adicionalidade no curto prazo (considerando-se o efeito geral) é obtido ao avaliar o investimento relativo em P&D, feito pelas empresas (Quadro 4.8). As empresas apoiadas investiram cerca de 1,5% a mais que as que não receberam recursos no ano em que acessaram os Fundos Setoriais (Quadro 4.5) e a taxa de crescimento relativo no ano subsequente ao acesso também foi positiva (0,03%). Ou seja, não só as empresas tratadas investiram mais, como investiram em um ritmo superior às não tratadas.

Com os resultados do (Quadro 4.8) pode-se perceber a importância que o apoio governamental tem sobre o investimento privado em P&D, principalmente para as empresas que receberam recursos de até R\$ 4.8 mil. Apesar do efeito geral não ter

tido significativo (Quadro 4.5), as empresas desse decil têm elevado significativamente suas taxas de investimento em P&D ao longo dos anos.

Quadro 4.8: Estimativas DID para os Esforços Tecnológicos

Valor do Incentivo	Decil	t_1	t_2	t_3	t_4
Efeito Geral	0	0.03*	0.02	0.03	0.12*
Até R\$ 4.838	1	0.31*	0.34*	0.36*	0.57*
De R\$ 4.839 a R\$ 16.527	2	0	0	0.07	0.19
De R\$ 16.528 a R\$ 56.406	3	0	0	0	0.07
De R\$ 56.407 a R\$ 112.473	4	0.1*	0	0	0
De R\$ 112.474 a R\$ 222.222	5	0.03	0	0	0
De R\$ 222.223 a R\$ 349.816	6	0.09	0.15	0.35*	0.48*
De R\$ 349.817 a R\$ 521.362	7	0.14	0.31	0	0
De R\$ 521.363 a R\$ 807.915	8	0.05	0.07	0	0
De R\$ 807.916 a R\$ 1.417.064	9	0.14	0.16	0	0
Maior que R\$ 1.417.064	10	0.44	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

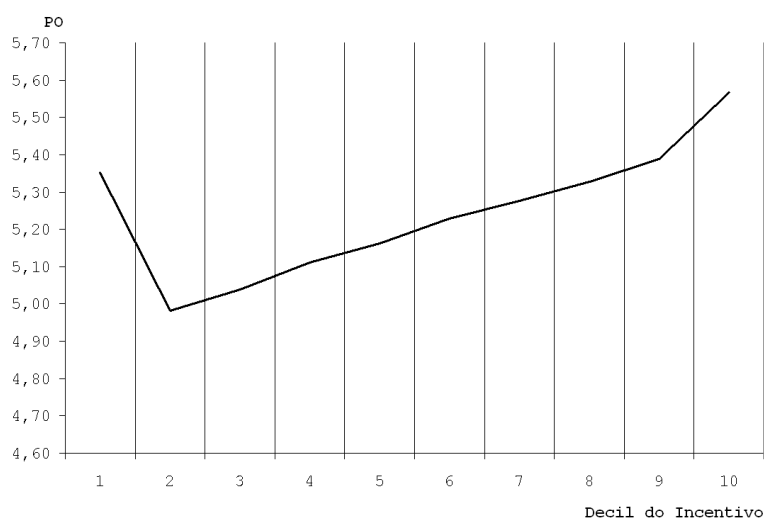
Nota: Os valores marcados com * indicam significância a 5%.

4.4 Avaliação do Impacto Marginal dos Fundos Setoriais

O método utilizado neste trabalho permite identificar o impacto marginal dos incentivos sobre as variáveis resposta. Os resultados mostram uma relação quadrática significativa, em forma de “U”, entre o nível do apoio e os indicadores de resultado (tamanho da firma e exportações de alta intensidade tecnológica) e os esforços tecnológicos (medido pelo *PoTec*).

No Gráfico 4.2, percebe-se que os incentivos de R\$ 4.8 mil têm um impacto muito forte no tamanho das empresas. A partir do segundo decil, há uma queda no impacto marginal, porém à taxas crescentes e em faixas maiores de incentivo, os impactos marginais excedem os do decil 1 e incentivos maiores que R\$ 1.4 milhão estimulam ao máximo o crescimento da firma.

Figura 4.2: Impacto marginal dos incentivos sobre o tamanho da firma.

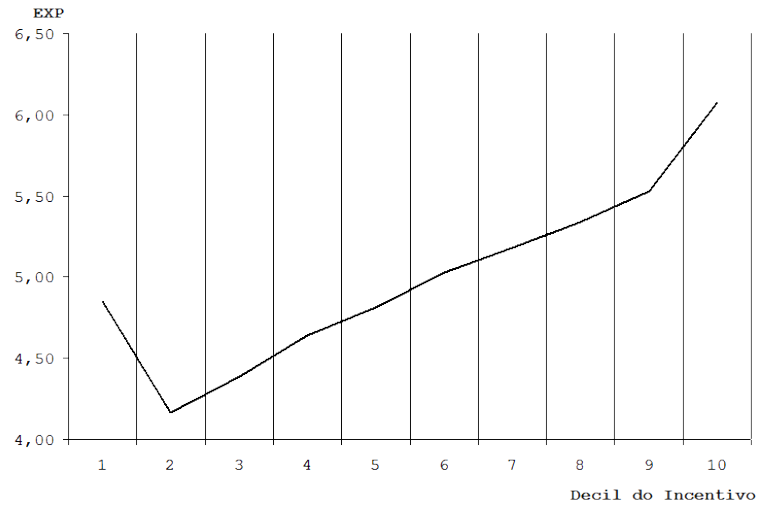


Fonte: Elaborado pelo autor.

O impacto marginal dos recursos públicos segue a mesma curva ao se analisar os valores das exportações da alta intensidade tecnológica (Gráfico 4.3). Apesar disso, o impacto marginal é menor em todas as camadas, exceto na última, onde o salto é mais expressivo do que aquele observado para o tamanho da empresa (cerca de 6,1% ante 5,5%).

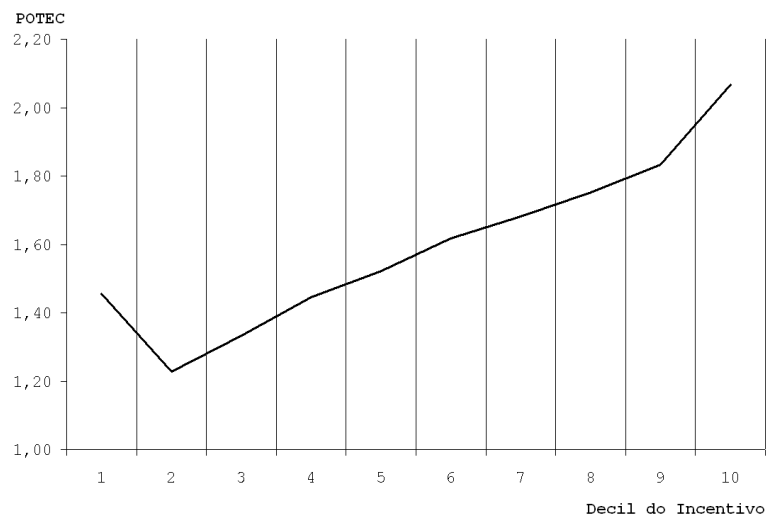
Não obstante, cabe ressaltar que os incentivos dos Fundos Setoriais para inovação tecnológica não são focados na exportação e que as exportações de produtos de alta intensidade tecnológica são um sub-produto desse incentivo. Para promover a exportação, o Governo possui outros programas (e.g. *drawback*).

Figura 4.3: Impacto marginal dos incentivos sobre as exportações de alta intensidade tecnológica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4.4: Impacto marginal dos incentivos sobre os esforços tecnológicos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, ao se analisar o impacto marginal dos Fundos Setoriais no investimento privado em P&D (Gráfico 4.4), percebe-se que esse instrumento promove um impacto

marginal com crescimento quase linear dos esforços tecnológicos das firmas entre os decis 2 e 9 (valores entre R\$ 4.8 mil e R\$ 1.4 milhão). Não obstante, há um decréscimo do impacto marginal dos incentivos entre os decis 1 e 2. Após esta primeira queda, em nenhum momento o impacto marginal é decrescente, logo não há evidências de que incentivos sejam substituídos pelos recursos privados. O que se percebe é um indício de complementaridade entre tais recursos.

Capítulo 5

Observações Finais

Com a percepção de que a mudança tecnológica é fator determinante no seu crescimento e desenvolvimento, o Brasil tem transformado sua política industrial para abrigar mecanismos de incentivo à inovação. Mas, tal transformação é o resultado de um processo histórico que pode ser dividido em três etapas, conforme definido por [Viotti \(2008\)](#).

A primeira etapa, que perdurou da década de 1950 até 1980, foi definida como uma fase de industrialização por substituição de importações. Com um setor industrial incipiente, buscou-se seu desenvolvimento através de uma industrialização extensiva, seguindo o modelo linear de inovação¹.

Neste tipo de modelo, o processo inovativo segue uma hierarquia, onde a primeira etapa do processo é a de desenvolvimento científico (investigação básica), seguido do desenvolvimento tecnológico (investigação aplicada) e teste de novos produtos (desenvolvimento experimental). Só após estes três passos, a inovação acontece, de fato, com a produção e comercialização das invenções ([MARQUES; ABRUNHOSA, 2005](#)).

¹Para críticas a respeito deste modelo, vide [Kline e Rosenberg \(1986\)](#).

Dessa forma, as políticas de C,T&I dessa fase promoviam a construção de um ambiente acadêmico, a partir do desenvolvimento de recursos humanos nas universidades e instituições de pesquisa, e não possuíam conexões (implícitas) com o setor produtivo. Como consequência dessa desarticulação, houve elevado desenvolvimento da base científica brasileira, porém o setor produtivo não era desenvolvido o suficiente para absorver toda esta oferta e o resultado foi a perda de dinamismo da indústria brasileira no período.

A segunda fase (1980-2000) buscava o desenvolvimento via eficiência e, até meados dos anos 1980 (com a Lei do Similar Nacional e a primeira versão da Lei de Informática), o Brasil ainda não possuía políticas explícitas de apoio à inovação tecnológica nas empresas e o modelo linear de inovação perpetuava-se.

Por conta das políticas liberais de abertura econômica, das privatizações e da exposição nacional à concorrência efetivadas no início da década de 1990, algumas reformas ocorreram para ajustar as indústrias brasileiras ao novo ambiente. Com essas reformas, ocorreu uma promoção da competitividade e ficou evidente que as firmas deveriam modificar seus processos (inovar), para sobreviverem ao novo mercado (SALLUM-JR., 1999; SANTAROSA, 2001; CAVALCANTE, 2009).

No final dos anos 1990, principalmente com a criação dos Fundos Setoriais, o Brasil inaugurou a fase de desenvolvimento via inovação (2000 - presente). As mudanças nos marcos legais desta década, com a institucionalização dos Fundos Setoriais e a criação da Lei da Inovação e Lei das Patentes, têm contribuído para a criação de uma cultura de inovação tecnológica nacional.

Essa cultura é importante porque a inovação tecnológica é uma atividade necessária para o crescimento sustentável das economias e, também, para a sobrevivência das empresas nos mercados competitivos. Porém, as relações de produção de inovações

possuem elevado grau de incerteza, uma vez que não há garantias da sua aplicabilidade ou de que o mercado consumidor conseguirá absorvê-la e, por conseqüência, o volume investido será sub-ótimo.

Entretanto, por conta dos transbordamentos positivos, tais atividades devem ser realizadas mesmo se os retornos esperados forem inferiores aos investimentos feitos. Contudo, em uma economia competitiva no qual as empresas privadas desejam maximizar seus lucros é um tanto ingênuo esperar que as firmas invistam em algo que o retorno esperado é baixo.

Por isso, ao se levar em consideração o crescimento do número de políticas brasileiras de incentivos, percebe-se que o número de empresas que utilizam algum dos mecanismos e o volume investido são inferiores aos níveis desejáveis. Isso pode ocorrer porque algumas firmas simplesmente não conhecem os mecanismos ou a burocracia é tão grande que impede ou torna custosa sua utilização. Todavia, estes instrumentos podem ser o “gatilho” que permite algumas empresas iniciar (ou manter) projetos inovativos.

Os Fundos Setoriais são instrumentos que foram criados para fornecer uma fonte de recursos ampla e contínua para investimento em C&T, e funcionam como um mecanismo de vinculação das receitas obtidas em setores específicos às despesas destes mesmos setores. Atualmente, são considerados importantes instrumentos de promoção da inovação, seja através de parcerias entre universidades, o setor produtivo e instituições de ciência e tecnologia, ou seja através dos incentivos aos investimentos privados em P&D.

Não obstante, em um país onde a indústria é caracterizada pela diversidade e desigualdade produtiva e tecnológica, principalmente em dimensões como escala, investimento em P&D e cooperação técnica, os Fundos Setoriais não ficam ilesos de críticas.

Uma delas é a de que o público alvo não é atingido, pois grande parte dos recursos é direcionado para a academia (os recursos disponíveis para o setor privado constituem 35% dos montante disponível para pesquisa).

Este fato gera outra crítica: a de que o setor acadêmico se transforma em responsável pela oferta de novas tecnologias ao setor produtivo. Contudo, em muitos casos, as pesquisas acadêmicas não mantêm relações com as necessidades do mercado e isso cria um descolamento entre os objetivos das áreas científicas e tecnológicas que, por sua vez, requer um esforço institucional para definir essa interação. Um contraponto a essas críticas é marcado pelo benefício indireto dos Fundos Setoriais, pois a partir da pesquisa “básica”, o setor privado, principalmente as firmas que mantêm relações com grupos de pesquisa, pode ser favorecido pelo transbordamento do conhecimento gerado.

Em relação aos recursos destinados às empresas, uma das críticas feitas relaciona-se à seleção viesada de empresas grandes, para recebimento de recursos dos Fundos Setoriais. Entre 2000 e 2008, cerca de 30% das empresas apoiadas concentram mais de 47% dos recursos e possuem mais de 500 empregados (LEMONS *et al.*, 2010), sendo que é provável que tais empresas já tenham uma trajetória de desenvolvimento tecnológico diferente das empresas que não receberam recursos. Todavia, tal quadro têm se transformado nos últimos anos, com redução da participação dessas grandes empresas nos editais da FINEP e com a criação da modalidade de subvenção econômica, voltada a empresas menores.

Uma quarta crítica é feita em relação à reserva de contingência dos recursos dos Fundos Setoriais. Entre 2003 e 2008, a soma da reserva de contingência dos Fundos Setoriais é da ordem de R\$ 4.5 bilhões (FINEP, 2011b), enquanto o total de execução da FINEP foi de R\$ 8.8 bilhões (Figura 2.1), ou seja, mais de 50% do valor executado

pela FINEP foi contingenciado nesses 6 anos. Se for considerada a execução apenas do FNDCT, da ordem de R\$ 5.5 bilhões (Figura 2.1), o percentual contingenciado representa 82% do valor dos recursos desembolsados. Apesar da tendência de redução dessa reserva, os valores contingenciados são substanciais, o que limita o alcance e o impacto desse instrumento.

Por conta da magnitude dos recursos ofertados às empresas através dos Fundos Setoriais (cerca de R\$ 1 bilhão nos últimos anos, se somados os valores de Subvenção e Crédito), é importante fazer uma avaliação da eficácia desse instrumento. Vários trabalhos foram feitos nos últimos anos para avaliar este mecanismo, sendo que um dos trabalhos mais recentes é o de Araújo et al. (2010), no qual os autores avaliam o efeito da presença destes incentivos. Em outras palavras, os autores avaliam qual foi o efeito dos Fundos Setoriais nas empresas que acessaram, em relação às que não acessaram.

Apesar desse tipo de avaliação ser muito importante, pode-se perder algumas informações nesse tipo de estimação dicotômica. Uma evolução natural dessas avaliações considera os diferentes montantes de incentivo que as empresas recebem, pois tais diferenças podem ter impactos distintos no investimento privado. Com esse objetivo de avaliar se diferentes montantes estimulam mais (ou menos) o investimento privado em P&D e de forma a complementar o trabalho de Araújo et al. (2010), optou-se por utilizar, aqui, uma avaliação que considera o volume dos recursos, e não apenas sua presença.

Ao utilizar as técnicas econométricas sofisticadas, que consideram tanto o problema de seleção, quanto o problema de heterogeneidade não observada, acredita-se que boas estimativas dos efeitos dos diferentes valores de recursos possam ser obtidas. Com essas técnicas, pode-se afirmar que as diferenças observadas entre os indicadores

utilizados ocorrem por conta de determinado valor dos Fundos Setoriais.

Este trabalho utilizou uma base de dados composta por 344 empresas que acessaram os Fundos Setoriais entre 2001 e 2007 e cerca de 113 mil empresas que não acessaram. Convém deixar claro que não foi feita uma distinção entre empresas que se engajaram em projetos cooperativos e empresas que receberam créditos com juros subsidiados, de modo que foram estimados os impactos dos Fundos Setoriais de uma forma geral. Além disso, por conta das limitações das informações das bases de dados, não foram incluídas as empresas que acessaram o mecanismo de subvenção econômica.

O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito dos Fundos Setoriais nos indicadores de desempenho e de esforço tecnológico das firmas. Em especial, deseja-se saber se os recursos destinados às empresas têm um efeito de aumentar (ou complementar) o investimento privado em P&D, ou se há uma substituição dos recursos.

Em outras palavras, a avaliação dos esforços tecnológicos se traduz em uma estimativa de quanto os recursos públicos estão estimulando o investimento privado. Avaliou-se, neste caso, a hipótese de que o Governo investe R\$ 1,00 em P&D nas firmas particulares e estas não igualam tal investimento. Em relação aos indicadores de desempenho, procurou-se saber se os recursos utilizados têm efeito de aumentar o tamanho das empresas e aumentar o valor das exportações de produtos de alta intensidade tecnológica. Para os dois casos, a hipótese inicial é similar à apresentada acima.

Para que tal estimativa pudesse ser feita, era necessária a definição de grupos de empresas comparáveis, tanto em suas características (tamanho, setor industrial, etc.), quanto em relação aos recursos que receberam através dos Fundos Setoriais. A criação dos grupos de empresas com características semelhantes, e diferentes apenas quanto ao

acesso aos Fundos Setoriais, foi feita a partir do pareamento via escore de propensão (*propensity score matching*). A definição dos grupos com valores semelhantes dos incentivos, que é a inovação deste trabalho, foi feita a partir da função de propensão (ou escore de propensão generalizado - *generalized propensity score*).

Após os procedimentos de pareamento via escore de propensão e pareamento via função de propensão, o número de empresas do grupo controle reduziu-se para cerca de 1.750 firmas e o número de empresas tratadas diminuiu para 330. O balanceamento dos dois pareamentos foi satisfatório e, com uma base formada por firmas comparáveis, pôde-se proceder às análises propostas.

De modo geral, o efeito dos Fundos Setoriais no tamanho da firma foi positivo e significativo. Em média, se o governo fornecesse 1% a mais de recursos para as firmas que acessaram esse instrumento, elas seriam 5% maiores que as firmas que não acessaram. Em especial, firmas que receberam recursos da ordem de R\$ 521 mil e R\$ 807 mil cresceriam 4,7% no ano do acesso, caso o valor fornecido fosse 1% maior.

Para outras duas faixas de incentivo - entre R\$ 4.8 mil e R\$ 16.5 mil e entre R\$ 222 mil e R\$ 349 mil - este efeito só foi observado a partir do terceiro ano de acesso, com valores significativos da ordem de 5%. Nestas faixas, este efeito pode significar uma redução dos custos marginais do capital das empresas (como visto no Capítulo 1, Seção 1.2). Se as firmas possuem um dispêndio menor com seus projetos de P&D, podem utilizar o capital “poupado” para contratar mais funcionários e aumentar seu tamanho. Porém, este aumento de tamanho não é substancial, uma vez que o estimador DID, que mede a taxa de crescimento das empresas que acessaram os fundos *vis-à-vis* as empresas que não acessaram, indicou um efeito geral positivo (e significativo) menor que 0,2%.

O impacto geral dos incentivos observado nas exportações de produtos de alta

intensidade tecnológica também foi positivo, além de ser estritamente crescente ao longo do tempo, passando de 4% no ano do acesso para 5,7% quatro anos após. As estimativas DID mostram que a taxa de crescimento das exportações das empresas incentivadas é maior que as taxas daquelas que não receberam recursos. Esse resultados indicam o ganho que as empresas têm ao investir em inovação, pois o retorno desses dispêndios fornece tecnologias que permitem que estas empresas sejam mais competitivas no mercado internacional.

O valor do coeficiente geral do investimento privado em P&D, medido pela variável *PoTec* (*proxy* para o investimento privado em P&D) foi de 1,5 e significativo. Isso significa que se o governo aumentar em 1% o volume dos recursos disponibilizados, as empresas iriam investir 1,5% a mais no ano em que tiveram acesso à tais recursos. Ademais, este efeito é crescente com o passar do tempo, pois vê-se que quatro anos após o acesso, as empresas investem cerca de 1,8% a mais. Este efeito adicionalidade, apesar de ser pequeno, foi significativo e permite rejeitar a hipótese de *crowding-out*, além de dar força à hipótese de que os Fundos Setoriais criam uma cultura de inovação nessas firmas.

Além desses resultados, o método utilizado aqui permite avaliar o impacto marginal dos Fundos Setoriais nos indicadores de tamanho, exportações e gasto em P&D. Nos três casos, os resultados mostram uma relação quadrática em forma de “U”, onde há uma queda do impacto marginal entre as duas faixas mais baixas (faixa 1, até R\$ 4.838 e faixa 2, de R\$ 4.839 a R\$ 16.527), um crescimento quase linear a partir da segunda faixa até a nona faixa (recursos entre R\$ 807.916 e R\$ 1.417.064) e um salto na última faixa (recursos acima de R\$ 1.417.064).

Tal formato sugere que tais recursos têm mais impacto nas extremidades da distribuição, isto é, eles têm impacto relativo mais forte para as firmas muito pequenas (que

participam de editais de valor muito reduzido, e que por serem pequenas o impacto relativo é majorado) e para as firmas médias ou grandes (que participam de editais de valores mais altos). Contudo, há de se considerar que o último decil – para o qual os impactos são supostamente maiores – não implica em projetos tão caros, pois a distribuição dos incentivos da FINEP é tão assimétrica à esquerda que um projeto de inovação de R\$ 1,5 milhão já se encontraria no último decil.

Não obstante, deve-se ter cuidado ao generalizar os resultados obtidos neste estudo, pois algumas limitações quanto às informações presentes nas bases de dados e nas próprias metodologias se fazem presentes e devem ser explicitadas.

Em primeiro lugar, os indicadores de esforços tecnológicos e de crescimento da empresa utilizados neste trabalho não são os mais indicados. Sabe-se que uma avaliação do crescimento da empresa pelo aumento do número de pessoas ocupadas não leva em consideração o ganho de produtividade fornecido pelas inovações tecnológicas, resultado dos investimentos em P&D. Desta forma, pode haver casos nos quais as empresas não tiveram variação positiva do seu *Po* e, portanto, nesta análise não seriam observados efeitos significantes dos incentivos. Uma forma de se avaliar adequadamente o crescimento da empresa seria pelo seu faturamento. Todavia, a ausência desta informação impôs o uso desta *proxy* como *second-best*.

Um segundo problema surge ao usarmos o *PoTec*, mesmo com 91% de correlação com os gastos internos e externos em P&D (ARAÚJO et al., 2009, p. 19), como *proxy* para o gasto em P&D. Tal variável é utilizada no *probit* do primeiro passo, cujas estimativas são utilizadas em passos subsequentes que culminam na utilização dessas estimativas para explicar o próprio *PoTec*. Logo, deve haver algum resíduo de endogeneidade nesta avaliação que não foi considerado².

²Este problema também pode ocorrer na avaliação do *Po*, mas acredita-se que não exista ao se avaliar

Em relação à metodologia, os vários estágios subseqüentes das estimativas carecem de uma definição formal para suas variâncias. Sendo estes parâmetros de suma importância dentro da Estatística e fundamentais para testar as hipóteses relacionadas às estimativas dos modelos, devem ser calculados considerando-se os erros de previsão dos estágios anteriores. Definir e provar as propriedades assintóticas destes estimadores ficam como sugestões para trabalhos futuros.

A cultura da inovação depende muito do país no qual a empresa está inserida, além de fatores como o tamanho da empresa e o setor econômico no qual ela se enquadra. O histórico da política industrial brasileira mostra que, aos poucos e tardiamente, estamos criando esta cultura e nos transformando em uma economia baseada em conhecimento. Essa transição fornece uma melhora dos processos econômicos, pois eleva o nível de conhecimento necessário, tanto para parte dos consumidores (para que possam utilizar as tecnologias novas), quanto da parte dos produtores (para se manterem competitivos).

Com setores mais competitivos e intensivos em conhecimento, o Brasil poderá satisfazer a necessidade internacional por produtos além de *commodities*. Não que a exportação de tais produtos seja de todo ruim, mas ter uma pauta de exportações majoritariamente primária é factível em uma análise de curto prazo - por conta do aumento das receitas de exportações - porém, é um cenário ruim para o longo prazo, justamente por afetar a competitividade de setor industrial nacional (fenômeno conhecido como a “doença holandesa”).

Este trabalho mostrou que há espaço para promover as mudanças necessárias para que o país tome um passo maior em direção ao desenvolvimento industrial. Apesar do impacto geral dos incentivos ser pequeno no nível de investimento em P&D, este

o valor das exportações de alta intensidade tecnológica.

efeito foi mais que proporcional ao valor dos recursos disponibilizados pelo governo. Ademais, o impacto que os recursos dos Fundos Setoriais tiveram nos indicadores de tamanho da firma e, principalmente, de exportações de produtos com alto valor agregado mostra o quanto tais recursos são importantes para a transição supramencionada.

Referências Bibliográficas

ADORNO, V.; BERNINI, C.; PELLEGRINI, G. The Impact of Capital Subsidies: New Estimations under Continuous Treatment. *Giornale degli Economisti e Annali di Economia*, v. 66, n. 1, p. 67–92, 2007.

AERTS, K.; THORWARTH, S. *Additionality effects of public R&D funding: “R” versus “D”*. Belgium, 2008. 21 p. Open Access publications from Katholieke Universiteit Leuven.

ALMEIDA, M. *Desafios da Real Política Industrial Brasileira do Século XXI*. Brasília: IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2009. 73 p. Texto para Discussão nº 1452.

ALMUS, M.; CZARNITZKI, D. The effects of public R&D subsidies on firms’ innovation activities. *Journal of Business and Economic Statistics*, v. 21, n. 2, p. 226–236, 2003.

ARAÚJO, B. C. Incentivos fiscais à pesquisa e desenvolvimento e custos de inovação no Brasil. In: *Radar nº 9 - Tecnologia, Produção e Comércio Exterior*. Brasília: IPEA, 2010. p. 3–11.

ARAÚJO, B. C. Políticas de Inovação no Brasil e na China no Século 21. 2011. Mimeo.

ARAÚJO, B. C. Políticas de Inovação no Brasil: Evolução recente, indicadores comparados e desafios remanescentes. 2011. Mimeo.

ARAÚJO, B. C.; CAVALCANTE, L. R.; ALVES, P. Variáveis proxy para os gastos empresariais em inovação com base no pessoal ocupado técnico-científico disponível na Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). In: *Radar nº 5 - Tecnologia, Produção e Comércio Exterior*. Brasília: IPEA, 2009. p. 16–21.

ARAÚJO, B. C. et al. *Impacts of the Brazilian Science and Technology Sectoral Funds on the Industrial Firms' R&D Inputs and Outputs*. Estonia, 2010. Fourth Conference on Micro Evidence on Innovation in Developing Economies. Disponível em: <http://www.merit.unu.edu/MEIDE/papers/2010/Araujo_et_al.pdf>.

ARROW, K. J. Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention. In: *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*. National Bureau of Economic Research, Inc, 1962. p. 609–626. Disponível em: <<http://econpapers.repec.org/RePEc:nbr:nberch:2144>>.

ASCHHOFF, B. *The effect of subsidies on R&D investment and success: do subsidy history and size matter?* ZEW - Centre for European Economic Research, Germany, 2009. Discussion Paper nº 09-032.

AZÚA, M. B. C. M. *Incentivos fiscales a La I+D en la OCDE: estudio comparativo*. ICE - Información Comercial Española, Espanha, 2007. 197-219 p. Cuadernos Económicos de ICE, nº. 73.

BAGATTOLLI, C. *Contexto socioeconômico e análise comparativa de sistemas nacionais de inovação*. CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Brasília, 2009.

BARBIERI, J. C.; ÁLVARES, A. C. T. Inovações nas organizações empresariais. In: BARBIERI, J. C. *Organizações Inovadoras: estudos e casos brasileiros*. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV.

BASSI, L. J. Estimating the effect of training programs with non-random selection. *The Review of Economics and Statistics*, v. 66, n. 1, p. 36–43, 1984.

BASTOS, V. D. Fundos Públicos para Ciência e Tecnologia. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 20, p. 229–260, 2003.

BRASIL. Lei nº 11.077. Altera a Lei no 8.248, de 23 de outubro de 1991, a Lei no 8.387, de 30 de dezembro de 1991, e a Lei no 10.176, de 11 de janeiro de 2001, dispondo sobre a capacitação e competitividade do setor de informática e automação e dá outras providências. Brasília, DOU, 30 de dezembro de 2004.

BRASIL. Lei nº 11.196. Dispõe sobre incentivos fiscais para a inovação tecnológica e dá outras providências. Brasília, DOU, 21 de Novembro de 2005.

BUSOM, I. An empirical evaluation of the effects of R&D subsidies. *Economics of Innovation and New Technology*, v. 9, n. 2, p. 111–148, 2000. ISSN 1043-8599.

CALIENDO, M.; KOPEINIG, S. Some practical guidance for the implementation of propensity score matching. *Journal of Economic Surveys*, Blackwell Publishing Ltd, v. 22, n. 1, p. 31–72, 2008.

CAVALCANTE, L. R. *Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil: Uma análise com base nos Indicadores Agregados*. Brasília: IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2009. Texto para Discussão nº 1458. Disponível em: <<http://econpapers.repec.org/RePEc:ipe:ipetds:1458>>.

CERULLI, G. Modelling and Measuring the Effect of Public Subsidies on Business R&D: A Critical Review of the Econometric Literature. *The Economic Record*, v. 86, n. 274, p. 421–449, 2010.

CHAPIN, F. *Experimental Designs in Sociological Research*. New York: Harper and Brothers, 1947.

COCHRAN, W. G. Matching in analytical studies. *American Journal of Public Health*, v. 43, p. 684–691, 1953.

COCHRAN, W. G.; RUBIN, D. B. Controlling bias in observational studies: A review. *Sankhya, The Indian Journal of Statistics, Series A*, v. 35, n. 4, p. 417–446, 1973.

CONDE, M. V. F.; ARAÚJO-JORGE, T. C. de. Modelos e concepções de inovação: A transição de paradigmas, a reforma da C&T brasileira e as concepções de gestores de uma instituição pública de pesquisa em saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 8, n. 3, p. 727–741, 2003.

CZAJKA, J. L. et al. Projecting from advance data using propensity modeling: An application to income and tax statistics. *Journal of Business & Economic Statistics*, v. 10, n. 2, p. 117–131, 1992.

DAHLMAN, C. J.; FRISCHTAK, C. R. National Systems Supporting Technical Advance in Industry: The Brazilian Experience. In: RICHARD R. NELSON. *National innovation systems: a comparative analysis*. New York: Oxford University Press, 1993. cap. 13, p. 414–450.

DAVID, P.; HALL, B. H. Heart of darkness: modeling public-private funding interactions inside the R&D black box. *Research Policy*, v. 29, p. 1165–1183, 2000.

DAVID, P. A.; HALL, B. H.; TOOLE, A. A. Is public R&D a complement or substitute for a private R&D? A review of the econometric evidence. *Research Policy*, v. 29, p. 497–529, 2000.

DOUGHERTY, S. M. et al. International comparisons of R&D expenditure: Does an R&D PPP make a difference? In: BERNDT, E. R.; HULTEN, C. R. (Ed.). *Hard-to-Measure Goods and Services: Essays in Honor of Zvi Griliches*. United States: University of Chicago Press, 2007.

DUGUET, E. *Are R&D subsidies a substitute or a complement to privately funded R&D? Evidence from France using propensity score methods for non-experimental data*. France, 2004.

EDGERTON, J. Investment incentives and corporate tax asymmetries. *Journal of Public Economics*, v. 94, p. 936–952, 2010.

FINEP. *Diretrizes Gerais do Plano Nacional de Ciência e Tecnologia do Setor de Petróleo e Gás Natural*. 1999. Acesso em: 29 de Abril de 2011. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/fundos\setoriais/ct\petro/documentos/diretrizes.PDF>>.

FINEP. *Estatísticas referentes aos inscritos no PRIME*. 2009. Acesso em: 30 de Maio de 2011. Disponível em: <<http://www.portalinovacao.mct.gov.br/pi/prime/indicadores/>>.

FINEP. *Relatório de Avaliação do Programa de Subvenção Econômica*. FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos, Rio de Janeiro, 2010. 29 p.

FINEP. *Apresentação dos Programas de apoio da FINEP*. 2011. Acesso em: 29 de Abril de 2011. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/programas/programas\ini-.asp>>.

FINEP. *Arrecadação, Dotação Orçamentária e Execução Financeira*. 2011. Acesso em: 12 de Novembro de 2011. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php-/content/view/27181.html>>.

FINEP. *Perfil das Empresas Apoiadas pelo Programa de Subvenção Econômica - 2006 a 2009*. FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos, Rio de Janeiro, 2011. 19 p.

FINEP. *Programa FINEP Inova Brasil*. 2011. Acesso em: 30 de Maio de 2011. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/programas/inovabrasil.asp>>.

FINEP. *Relatório de Gestão 2010 do FNDCT - Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*. FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos, Rio de Janeiro, 2011. 303 p.

FLORES, C. A. *Estimation of Dose-Response Functions and Optimal Treatment Doses with a Continuous Treatment*. 184 p. Tese (Doutorado em Economia) — University of California at Berkeley, California, United States, 2005.

FURTADO, C. *Criatividade e dependência na civilização industrial*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1978.

GARCIA, A.; MOHNEN, P. *Impact of government support on R&D and innovation*. Maastricht, The Netherlands, 2010. UNU-MERIT Working Paper Series nº 2010-034.

GONZÁLEZ, X.; JAUMANDREU, J.; PAZÓ, C. Barriers to innovation and subsidy effectiveness. *RAND Journal of Economics*, v. 36, n. 4, p. 930–950, 2005.

GREENE, W. H. *Econometric Analysis*. 6. ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2008.

GUIMARÃES, E. A. *Políticas de Inovação: Financiamento e incentivos*. Brasília: IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2006. Texto para Discussão nº 1212.

HALL, B. H. The Financing of Research and Development. *Oxford Review of Economic Policy*, v. 18, n. 1, p. 35–51, 2002.

HECKMAN, J. J. Sample Selection Bias as a Specification Error. *Econometrica*, v. 47, n. 1, p. 153–161, 1979.

HECKMAN, J. J. Building Bridges Between Structural and Program Evaluation Approaches to Evaluating Policy. *Journal of Economic Literature*, v. 48, n. 2, p. 356–398, 2010.

HECKMAN, J. J.; ICHIMURA, H.; TODD, P. Matching as an econometric evaluation estimator. *Review of Economic Studies*, v. 65, n. 2, p. 261–294, 1998.

HECKMAN, J. J.; VYTLACIL, E. J. Econometric Evaluations of Social Programs, Part I: Causal Models, Structural Models and Econometric Policy Evaluation. In: HECKMAN, J. J.; LEAMER, E. E. (Ed.). [S.l.]: Elsevier, 2007, (Handbooks of Econometrics, v. 6, Part 2). cap. 70.

HIRANO, K.; IMBENS, G. W. The Propensity Score with Continuous Treatments. In: GELMAN, A.; MENG, X. *Applied Bayesian Modeling and Causal Inference from Incomplete-Data Perspectives*. [S.l.]: John Wiley & Sons, Ltd, 2005.

HITCH, C. *The Character of Research and Development in a Competitive Economy*. United States: The Rand Corporation, 1958. Disponível em: <<http://www.rand.org/pubs/papers/2007/P1297.pdf>>.

HOLLAND, P. W. Statistics and Causal Inference. *Journal of the American Statistical Association*, v. 81, n. 396, p. 945–960, 1986.

HOWE, J.; MCFETRIDGE, D. The determinants of R&D expenditures. *Canadian Journal of Economics*, v. 9, n. 1, p. 57–71, 1976.

IMAI, K.; DYK, D. A. van. Causal Inference With General Treatment Regimes: Generalizing the Propensity Score. *Journal of the American Statistical Association*, v. 99, n. 467, p. 854–866, 2004.

IMBENS, G. The Role of the Propensity Score in Estimating Dose-Response Functions. *Biometrika*, v. 87, n. 3, p. 706–710, 2000.

JAUMOTTE, F.; PAIN, N. *An Overview of Public Policies to Support Innovation*. França, 2005. OECD Economics Department Working Papers n° 456. Disponível em: <<http://ideas.repec.org/p/oec/ecoaaa/456-en.html>>.

JAUMOTTE, F.; PAIN, N. *From Innovation Development to Implementation: Evidence from the Community Innovation Survey*. França, 2005. OECD Economics Department Working Papers n° 458.

JONES, M. C.; MARRON, J. S.; SHEATHER, S. J. A Brief Survey of Bandwidth Selection for Density Estimation. *Journal of the American Statistical Association*, v. 91, n. 433, p. 401–407, 1996.

KLING, S. J.; ROSENBERG, N. An overview of innovation. In: *Kline, Ralph and Rosenberg, Nathan (eds), The Positive Sum Strategy*. Washington: National Academy of Press, 1986.

KNIGHT, F. H. *Risco, Incerteza e Lucro*. Tradução de Hunfredo Cantuária. Rio de Janeiro: Editora Expressão e Cultura, 1972. 385 p.

LACH, S. Do R&D Subsidies Stimulate or Displace Private R&D? Evidence from Israel. *The Journal of Industrial Economics*, v. 50, n. 4, p. 369–390, 2002. ISSN 0022-1821.

LECHNER, M. Identification and estimation of causal effects of multiple treatments under the conditional independence assumption. In: LECHNER, M.; PFEIFFER, F. (Ed.). *Econometric evaluation of labour market policies*. Heidelberg and New York: Physica, 2001, (ZEW economic studies).

LECHNER, M. *Sequential Matching Estimation of Dynamic Causal Models*. Alemanha: IZA - Institute for the Study of Labor, 2004. IZA Discussion Papers n° 1042.

LEMOS, M. et al. *Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Sistema Nacional de Inovação e a Presença das Empresas*. 2010. Documento preparado para a IV Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia.

MAHALANOBIS, P. C. On the generalised distance in statistics. In: *Proceedings National Institute of Science, India*. [S.l.: s.n.], 1936. v. 2, n. 1, p. 49–55.

MARQUES, A.; ABRUNHOSA, A. *From the linear model to the innovation systems approach: Theoretical and economic policy aspects*. Coimbra, 2005. 16–17 p.

MELO, L. M. de. Financiamento à Inovação no Brasil: Análise da aplicação dos recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) de 1997 a 2006. *Revista Brasileira de Inovação*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 87–120, 2009.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (Brasil). *Relatório Anual da Utilização dos Incentivos Fiscais da Lei do Bem. Ano Base 2008*. Brasília, 2009. 45 p.

MOHNEN, P.; LOKSHIN, B. *What does it take for an R&D tax incentive policy to be effective?* Maastricht, The Netherlands, 2009. UNU-MERIT Working Paper Series nº 2009-014.

MORAIS, J. M. d. Uma avaliação dos programas de apoio financeiro à inovação tecnológica com base nos Fundos Setoriais e na Lei de Inovação. In: NEGRI, J. A. D.; KUBOTA, L. C. (Ed.). *Políticas de Incentivo à Inovação Tecnológica no Brasil*. Brasília: IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2008.

MOREIRA, N. et al. A inovação tecnológica no Brasil: Os avanços no marco regulatório e a gestão dos Fundos Setoriais. *Revista de Gestão USP*, v. 14, n. Especial, p. 31–44, 2007.

MORGAN, S. L.; WINSHIP, C. *Counterfactuals and Causal Inference: Methods and Principles for Social Research*. New York: Cambridge University Press, 2007.

MORRONI, M. *Knowledge, Scale and Transactions in the Theory of the Firm*. New York, United States: Cambridge University Press, 2006.

MOTOYAMA, S.; QUEIROZ, F. A. de; VARGAS, M. 1964-1985: Sob o Signo do Desenvolvementismo. In: MOTOYAMA, S. (Org.). *Prelúdio para uma História: Ciência e Tecnologia no Brasil*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

NADARAYA, E. On Estimating Regression. *Theory of Probability and Its Applications*, v. 9, p. 141–142, 1964.

NEGRI, J. A. D.; KUBOTA, L. C. (Ed.). *Políticas de Incentivo à Inovação Tecnológica no Brasil*. Brasília: IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2008.

NELSON, R. R. The Simple Economics of Basic Scientific Research. *The Journal of Political Economy*, v. 67, n. 3, p. 297–306, 1959.

OECD. *Frascati Manual 2002: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Data*. 6. ed. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2002.

OECD. *Tax Incentive for Research and Development: Trends and Issues*. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2003.

OECD. *Science, Technology and Industry Outlook 2004*. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2004.

OECD. *Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*. 3. ed. Paris, France: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2005.

PEREIRA, N. M. *Fundos Setoriais: Avaliação das Estratégias de Implementação e Gestão*. Brasília: IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2005. 43 p. Texto para Discussão nº 1136.

RAMELLO, G. B. Property rights and externalities: The uneasy case of knowledge. *European Journal of Law and Economics*, v. 31, n. 1, p. 123–141, 2011.

RAYNOR, W. J. Caliper pair-matching on a continuous variable in case-control studies. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, v. 12, n. 13, p. 1499–1509, 1983.

REISS, P. C.; WOLAK, F. A. Structural econometric modeling: Rationales and examples from industrial organization. In: HECKMAN, J. J.; LEAMER, E. E. (Ed.). *Handbook of Econometrics*. Elsevier, 2007. v. 6, p. 4277–4415. ISBN 9780444506313. Disponível em: <<ftp://zia.stanford.edu/pub/papers/reisswolak.pdf>>.

ROMER, P. M. Increasing returns and long-run growth. *The Journal of Political Economy*, v. 94, n. 5, p. 1002–1037, 1986.

ROMER, P. M. Endogenous Technological Change. *The Journal of Political Economy*, v. 98, n. 5, p. S71–S102, 1990.

ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects. *Biometrika*, v. 70, n. 1, p. 41–55, 1983.

ROSENBERG, N. *Inside the Black Box: Technology and Economics*. 1. ed. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 1982.

ROY, A. D. Some Thoughts on the Distribution of Earnings. *Oxford Economic Papers*, v. 3, n. 2, p. 135–146, 1951.

RUBIN, D. B. Estimating Causal Effects of Treatments in Randomized and Nonrandomized Studies. *Journal of Educational Psychology*, v. 66, n. 5, p. 688–701, 1974.

RUBIN, D. B. Using multivariate matched sampling and regression adjustment to control bias in observational studies. *Journal of the American Statistical Association*, v. 74, n. 366, p. 318–328, 1979.

RUBIN, D. B. Comment - Which Ifs Have Causal Answers. *Journal of the American Statistical Association*, v. 396, n. 81, p. 961–962, 1986.

SALERNO, M. S.; KUBOTA, L. C. Estado e Inovação. In: NEGRI, J. A. D.; KUBOTA, L. C. (Ed.). *Políticas de Incentivo à Inovação Tecnológica no Brasil*. Brasília: IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2008.

SALLES-FILHO, S. Política de ciência e tecnologia no II PBDCT (1976). *Revista Brasileira de Inovação*, v. 2, n. 1, p. 179–201, 2003.

SALLUM-JR., B. O Brasil sob Cardoso: Neoliberalismo e desenvolvimentismo. *Tempo Social*, v. 11, n. 2, p. 23–47, 1999.

SANTAROSA, B. *Estado, Constituição Federal, Planos Plurianuais: A Face Invisível da C& T nos Anos 90*. Tese (Mestrado em Gestão e Política de Ciência e Tecnologia) — Universidade de Brasília, 2001.

SCHUMPETER, J. A. *Teoria do desenvolvimento econômico*. Tradução de Laura Schlaepfer. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961. [1934].

SCHUMPETER, J. A. *Capitalismo, socialismo e democracia*. Tradução de Sérgio Góes de Paula. Rio de Janeiro: Zahar, 1984. [1942].

SCHWARTZMAN, S. et al. Ciência e Tecnologia no Brasil: Uma nova política para um mundo global. In: SCHWARTZMAN, S. (Ed.). *Ciência e Tecnologia no Brasil*:

Política Industrial, Mercado de Trabalho e Instituições de Apoio. Rio de Janeiro: FGV - Fundação Getúlio Vargas, 1995.

SCOTCHMER, S. Standing on the Shoulders of Giants: Cumulative Rsearch and the Patent Law. *Journal of Economic Perspectives*, v. 5, n. 1, p. 29–41, 1991.

SHEEHAN, J.; WYCKOFF, A. *Targeting R&D: Economic and Policy Implications of Increasing R&D Spending*. Paris, France: OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development, 2003. Working Paper n° 2003/08.

SUZIGAN, W. Estado e industrialização no Brasil. *Revista de Economia Política*, v. 8, n. 4, p. 5–16, 1988.

SUZIGAN, W. Experiência histórica de política industrial no Brasil. *Revista de Economia Política*, v. 16, n. 1, p. 5–20, 1996.

TAKALO, T.; TANAYAMA, T.; TOIVANEN, O. *Evaluating innovation policy: A structural treatment effect model of R&D subsidies*. Finland: Bank of Finland, 2008. Discussion Papers n° 7-2008.

VIOTTI, E. B. Fundamentos e Evolução dos Indicadores de C,T&I. In: VIOTTI, E. B.; MACEDO, M. de M. (Ed.). *Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil*. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

VIOTTI, E. B. *Technological Learning Systems, Competitiveness and Development*. Brasília: IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2004. 37 p. Texto para Discussão n° 1057.

VIOTTI, E. B. Brasil: de política de C&T para política de inovação? Evolução e desafios das políticas brasileiras de ciência, tecnologia e inovação. In: CGEE (Ed.).

Avaliação de políticas de ciência, tecnologia e inovação: diálogo entre experiências internacionais e brasileiras. Brasília: CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2008.

WALLSTEN, S. J. The Effects of Government-Industry R&D Programs on Private R&D: The Case of the Small Business Innovation Research Program. *The RAND Journal of Economics*, v. 31, n. 1, p. 82–100, 2000.

WATSON, G. Smooth regression analysis. *Sankhya: The Indian Journal of Statistics*, v. 26, n. 4, p. 359–372, 1964.

WEISZ, J. *Mecanismos de apoio à inovação tecnológica*. 3ª. ed. Brasília: SENAI/DN, 2006.

WOOLDRIDGE, J. M. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Massachusetts: The MIT Press, 2001.

ZEEBROECK, N. van. The puzzle of patent value indicators. *Economics of Innovation and New Technology*, v. 20, n. 1, p. 33–62, 2011. ISSN 1043-8599.

Apêndice A

Primeiro apêndice

A.1 Algumas Leis Brasileiras para Incentivo à C&T

A.1.1 Lei de Inovação, Lei nº 10.973/04

A Lei de Inovação (Lei nº 10.973/04) foi desenhada para incentivar a inovação e a pesquisa científica dentro das empresas privadas, com o objetivo de capacitá-las tecnologicamente e desenvolver a indústria brasileira. Criada no âmbito da PICTE, dispõe sobre quatro tipos de estímulos:

1. Estímulo à construção de um ambiente propício à interação e cooperação para inovação (Capítulo II);
2. Estímulo à participação das Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT's) no processo de inovação (Capítulo III);
3. Estímulo à inovação no setor produtivo (Capítulo IV); e
4. iv) Estímulo ao inventor independente (capítulo V).

O Capítulo II prevê apoios para desenvolvimento de projetos de P&D que possam ser realizados através de cooperação entre o setor produtivo, as ICT's e as organizações privadas sem fins lucrativos. Este apoio pode ser estendido à projetos internacionais, à criação de parques tecnológicos e incubadoras e ações de empreendedorismo tecnológico. Também neste capítulo, estão dispostos artigos que permitem as ICT's compartilharem seu recursos físicos (laboratórios, equipamentos, instalações, etc) com micro e pequena empresas e permitir a utilização destes recursos às empresas nacionais e organizações privadas sem fins lucrativos.

Em relação aos estímulos das ICT's, o Capítulo III desta lei prevê que essas instituições podem ter seus custos operacionais e administrativos subsidiados pelo Estado, podem celebrar contratos de transferência de tecnologia e licenciamento de criações feitas por elas e realizar empreendimentos em conjunto de instituições públicas e privadas, entre outras coisas.

Para estimular a inovação tecnológica no setor produtivo, o Capítulo IV dispõe que as empresas nacionais e entidades nacionais sem fins lucrativos poderão celebrar acordos com a União, as ICT's e as agências de fomento, para obter recursos financeiros (subvenção, financiamento ou participação societária), humanos, materiais ou de infra-estrutura, para realizar projetos que atendam às diretrizes da política nacional de C,T&I. Este capítulo abre a possibilidade do governo requerer projetos que sejam de interesse nacional. Outro ponto importante é a definição de que as agências de fomento devem criar programas específicos para incentivo à inovação nas micro e pequenas empresas.

O inventor independente tem a possibilidade de pedir à ICT que crie seu invento, desde que comprove o pedido de depósito da patente, sendo que os ganhos advindos do novo produto terão que ser compartilhados com a ICT.

A.1.2 Lei de Informática, Lei nº 11.077/04

No início dos anos 1990, foi lançada a lei nº 8.248 que tratava de incentivos para capacitação e competitividade do setor de informática. Essa “Lei de Informática” previa, entre outros pontos, que as empresas brasileiras do setor de TI seriam beneficiadas com isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e depreciação acelerada de máquinas e equipamentos. Essa redução proporcional teria um decaimento gradual, sendo definida a isenção de 95% até 31 de dezembro de 2001 e, em 2003, a redução seria de 85%. A Lei nº 11.077/04 aumentou o prazo dessas reduções proporcionais até 2019, com redução de 70% do IPI. Os microcomputadores portáteis e unidades de processamentos digitais são isentos até 2019, porém com outros percentuais.

Como contrapartida, as empresas de informática devem investir, anualmente, 5% do seu faturamento bruto em atividades de P&D no mercado interno. Pelo menos, 2,5% destes recursos devem ser aplicados da seguinte forma:

- 1% ou mais em convênios com ICT’s ou entidades nacionais de ensino;
- 0,8% ou mais em convênios com ICT’s ou entidades nacionais de ensino com sede nas regiões Centro-Oeste, da Sudene e da Sudam (exceto Zona Franca de Manaus); e
- 0,5% ou mais como aportes financeiros trimestrais ao FNDCT.

Essa nova legislação estendeu os incentivos para a Zona Franca de Manaus e também permitiu às empresas utilizarem os mecanismos de *carry-forward*, quando afirma que as empresas podem utilizar os investimentos que superarem o mínimo do período para comprovar o cumprimento das suas obrigações em outros períodos (BRASIL, a).

A.1.3 Lei do Bem, Lei nº 11.196/05

Em 2005, como parte dos dispositivos relacionados na Lei da Inovação, foi sancionada a Lei nº 11.196/05, cujo capítulo III ficou conhecido como “Lei do Bem”. Essa Lei foi importante porque fez uma releitura da Lei 8.661/93, sendo seu o principal aspecto a desvinculação da necessidade de autorização prévia dos projetos de inovação, facilitando (automatizando) a obtenção dos incentivos fiscais.

A Lei do Bem utiliza o conceito do Manual de Oslo ([OECD, 2005](#)) para definir inovação, ou seja, considera que inovação é a concepção de um novo produto ou processo de fabricação/ melhoria de um produto, bem como a concepção de um novo processo que implique melhorias efetivas na qualidade ou produtividade. De modo geral, seus incentivos se referem à ([BRASIL, b](#)):

- Dedução, no IRPJ, de 100% da despesa em P&D da base do lucro líquido e da base de cálculo da Contribuição Social sobre o Lucro Líquido – CSLL;
- Dedução, no IRPJ, de até 60% do investimento em P&D da base do lucro líquido e da base de cálculo da Contribuição Social sobre o Lucro Líquido – CSLL, podendo deduzir mais 20%, caso haja aumento no número de pesquisadores dedicados, exclusivamente, à P&D e mais 20% caso a empresa obtenha alguma patente concedida;
- Redução de 50% do IPI incidente sobre equipamentos, máquinas aparelhos e instrumentos adquiridos para P&D;
- Depreciação integral de equipamentos destinados à utilização nas atividades de P&D, para fins de IRPJ e CSLL;
- Amortização acelerada de bens intangíveis para P&D, para fins de IRPJ;

- Redução a zero da alíquota do imposto de renda retido na fonte, nas remessas efetuadas ao exterior, com intuito de registro e manutenção de marcas, patentes e cultivares;
- Subvenção de 40% da folha de pagamento dos pesquisadores com dedicação integral, sendo que este valor poderá atingir 60% se a firma estiver localizada nas áreas de atuação das extintas Sudene e Sudam.

Além disso, é importante frisar que as deduções referem-se aos lucros reais, sendo vedado às empresas que optam pelo regime de lucro presumido, e que as empresas são obrigadas a fornecer informações sobre os programas de P&D através dos “Formulários para Informações sobre as Atividades de Pesquisa Tecnológica e Desenvolvimento de Inovação Tecnológica – FORMP&D”, acessado eletronicamente. Outro aspecto relevante é que a partir de 2008, as empresas que eram beneficiárias da Lei da Informática (Lei nº 11.077/04) passaram-se a beneficiar-se de alguns aspectos da Lei do Bem, como a exclusão de 160% a 180% dos dispêndios com P&D na base de cálculo do imposto de renda e CSLL.

Entre 2006 e 2008, houve um aumento significativo no número de empresas beneficiárias dos incentivos da Lei do Bem. No primeiro ano dessa Lei, 2006, 130 empresas foram habilitadas (preencheram corretamente o FORMP&D) a receber os benefícios. Com um aumento de 230%, 2007 teve 299 empresas habilitadas. Em 2008 foram 441 firmas, com um total de R\$ 1.544 milhões em benefícios reais usufruídos (crescimento de 75% em relação a 2007) ([MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA \(Brasil\), 2009](#)).

Não obstante, deve-se levar em consideração que esses números ainda são pequenos em relação ao universo de empresas que fazem P&D no país, pois estima-se que apenas 10% desse universo acesse a Lei do Bem. Isso pode acontecer porque as firmas

desconhecem o dispositivo, por terem dificuldades com os FORMP&D's ou por não conseguir mensurar se, de fato, há benefícios em utilizar incentivos fiscais para realizar P&D. Tais hipóteses são interpretações de dois fatos: i) a criação do Simulador de Incentivos Fiscais, um projeto da ANPEI – Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras – apoiado pelo MCT, com o objetivo de mostrar aos empresários, ex-ante, se há vantagem ou não na utilização dos incentivos fiscais; e ii) em 2008, 44% das empresas pleiteantes dos incentivos preencheram incorretamente os formulários.

Apêndice B

Segundo apêndice

B.1 Programas da FINEP de Apoio à Inovação

B.1.1 FINEP Inova Brasil

O programa FINEP Inova Brasil foi criado com o objetivo de financiar, com encargos reduzidos, projetos de inovação que possuam relação com as diretrizes da PDP. No geral, este programa visa apoiar empresas de porte médio à grande (segundo critério de receita operacional bruta) e a FINEP financia até 90% do valor total do projeto, ou 90% do valor total dos itens financiáveis caso o projeto conte com financiamento da linha BNDES Automático. Existem três linhas de apoio, com taxas de juros diferenciadas em cada (Quadro B.1), sendo que cada linha apóia determinado tipo do projeto.

Os projetos de Inovação Tecnológica devem buscar o desenvolvimento de novos produtos ou processos ou o desenvolvimento de inovações incrementais, em relação ao mercado nacional. Dessa forma, busca englobar projetos de inovação tecnológica que possuam alto risco e/ou que apresentem novas oportunidades de mercado.

Quadro B.1: Linhas do Programa FINEP Inova Brasil

Linha	Programa	Taxa A.A.	Prazos
1	Inovação Tecnológica	4%	Até 120 meses, com até 36 meses de carência
2	Capital Inovador	5%	Até 96 meses, com até 24 meses de carência
3*	Pré-Investimento	8%	Até 96 meses, com até 24 meses de carência

Fonte: FINEP (2011d).

*Nota: Esta linha ainda não está ativa, pois está em fase de estruturação dos recursos.

O programa Capital Inovador engloba projetos relacionados às estratégias de negócios das empresas (capitais tangíveis, infraestrutura física e capitais intangíveis), com o objetivo de criar uma cultura de inovação nestas, ou seja, os investimentos devem capacitar as empresas para que possam desenvolver atividades de inovação de forma sistemática.

A linha de Pré-Investimento ainda não está ativa, pois, por ser uma linha nova, sua fonte de recursos não está completamente estruturada. Em linha com as políticas prioritárias do Governo, seu objetivo é apoiar projetos, intensivos em conhecimento, de pré-investimento e de engenharia consultiva.

Empresas controladas por capital externo e que não exerçam atividades nos setores definidos pelo decreto nº 2.233/97 (e.g. setor de energia, telefonia, automotivo, eletrônico) estão inaptas a receber o apoio de qualquer uma dessas linhas.

A FINEP trabalha com o valor mínimo por operação de R\$ 1 milhão, sendo o desembolso é feito em parcelas semestrais. Um ponto interessante é que as empresas perdem os benefícios de equalização caso haja inadimplência técnica, ou seja, se atrasarem mais de 90 dias nas obrigações e prazos acordados. Como garantias, a FINEP aceita Carta de Fiança Bancária. Outras formas de garantias passíveis de aceitação são: hipotecas, penhor, alienação fiduciária de bens móveis e imóveis, etc.

Em 2010, foram contratadas 58 operações deste programa, no valor total de, aproximadamente, R\$ 1,5 bilhão (FINEP, 2011e, p. 49). O acompanhamento técnico e financeiro dos projetos é realizado através de questionário respondido pelas próprias empresas, no qual deve constar todas as informações referentes à execução dos projetos.

B.1.2 Juro Zero

O programa Juro Zero compreende financiamentos sem juros, e sem garantias reais, para novos investimentos que estejam vinculados (direta ou indiretamente) à atividades de inovação e que constam no Plano de Negócios das micro e pequenas empresas consideradas inovadoras. Os valores de financiamento variam de R\$ 100 mil até R\$ 900 mil e podem ser pagos em 100 parcelas mensais, sendo corrigidos somente pelo IPCA e mais 10% ao ano a título de “spread”. Se a firma mantiver os pagamentos em dia, esses 10% serão subsidiados com recursos do Fundo Verde Amarelo.

Como não há necessidade de garantias reais, o programa conta com uma alternativa de segurança na qual a garantia do financiamento é composta por 20% do capital dos sócios da empresa, 30% do fundo de reserva criado através de um desconto antecipado de 3% do valor total do crédito e mais 50% de um Fundo de Garantia de Crédito, criado pelos Parceiros Estratégicos de cada uma das regiões¹. Em 2010, o programa Juro Zero executou cerca de R\$ 7 milhões em 14 operações.

¹Um detalhamento destes parceiros pode ser visto na [página do programa](#). Acesso em 30/05/2011

B.1.3 Programa INOVAR

Focado em micro e pequenas empresas novas – ou existentes que estejam passando por um processo de mudança/crescimento – de base tecnológica, o programa INOVAR foi criado em 2000 com objetivo de promover o desenvolvimento destas empresas, através de um programa de capital de risco (venture capital). Hoje, o programa conta com cinco mecanismos de apoio, quais sejam: Venture Fórum, Seed Fórum, Inovar Fundos, Inovar Semente e Inovar Anjos².

De abrangência nacional (*Venture Fórum*) e regional (*Seed Fórum*), estes mecanismos foram criados com o intuito de capacitar empresas e apresentá-las a possíveis investidores – os *venture capitalists* (WEISZ, 2006) – em encontros organizados pela FINEP.

Os dois programas diferenciam-se quanto ao porte dos investimentos, a quantidade de capital necessária e o tamanho do mercado no qual as empresas se encontram. O público-alvo destes programas é composto por empresas inovadoras que atuam nas áreas de TI, biotecnologia, saúde, química, energia, meio-ambiente, máquinas e equipamentos, automação e outros segmentos correlacionados.

Além de fornecer orientações e treinamentos, a FINEP responsabiliza-se por selecionar as melhores empresas das áreas supramencionadas segundo aspectos que avaliam os produtos e processos que a empresa deseja desenvolver, a situação de mercado, as estratégias de, a rentabilidade do empreendimento e as oportunidades futuras de saída dos investidores.

O objetivo da FINEP com a linha Inovar Fundos é selecionar gestores de fundos de capital de risco, que façam aportes em empresas inovativas novas ou consolidadas.

²Não foram encontradas informações mais específicas sobre esta linha

Criado em 2001, este programa já criou mais de 100 fundos, que beneficiaram quase 70 empresas e é utilizado para alavancar empresas cujos empreendimentos ainda não interessam aos investidores, por estarem em um estágio muito inicial. Esses empreendimentos, então, utilizam este capital para mostrar sua viabilidade econômica e comercial. Já o Inovar Semente é utilizado para alavancar empresas cujos empreendimentos ainda não interessam aos investidores, por estarem em um estágio muito inicial. Esses empreendimentos, então, utilizam este capital para mostrar sua viabilidade econômica e comercial.

B.1.4 Subvenção Econômica

Com o intuito de incentivar e reduzir os riscos e os custos das atividades de P&D, a Subvenção Econômica é um instrumento de custeio amplamente utilizado no mundo que utiliza recursos não reembolsáveis em seus financiamentos. No Brasil, este tipo de instrumento só foi colocado em prática a partir de 2006, no âmbito da Lei da Inovação e da Lei do Bem³.

A subvenção tratada pela Lei da Inovação indica que os recursos devem ser diretamente aplicados nas empresas, como forma de custear suas despesas correntes (gastos com materiais, salários dos empregados alocados em atividades de P,D&I, patentes, etc.). A título de contrapartida, as empresas beneficiadas devem custear suas despesas de capital, podendo utilizar recursos próprios ou financiamento reembolsável para isso. Os valores financiados podem chegar até R\$ 10 milhões, não excedendo 100% do faturamento bruto ou 100% do capital social da empresa.

Como este tipo de mecanismo é utilizado, entre outras coisas, para incentivar áreas

³Deve-se considerar que a subvenção prevista na Lei do Bem se refere a um tipo de financiamento indireto.

que não são atraentes ao setor privado, a FINEP define as áreas de pesquisa de acordo com as diretrizes da PDP, em conjunto do MCT e do MDIC (Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior). Atualmente, existem seis áreas, quais sejam: tecnologias da informação e comunicação, energia, biotecnologia, saúde, defesa e desenvolvimento social.

As condições de contrapartida da empresa beneficiária são definidas de acordo com o porte e o faturamento bruto das empresas pleiteantes e devem custear as despesas de capital (máquinas, instalações, etc.). Esses recursos podem ser financiados utilizando instrumentos reembolsáveis.

Em uma avaliação deste instrumento no período de 2006 a 2009, a FINEP apurou que 57% das empresas participantes são da região Sudeste, e 25% são da região Sul, enquanto apenas 2% são da região Norte. Segundo a Classificação Nacional e Atividades Econômicas (CNAE, versão 2.0), as empresas mais frequentes são dos setores “atividades dos serviços de TI”, “fabricação de produtos de informática, produtos eletrônicos e ópticos” e “pesquisa e desenvolvimento científico”. Em relação ao porte em 2009, tem-se que 77% das empresas financiadas são micro ou pequenas e foram responsáveis por 154 (73%) dos projetos (FINEP, 2010; FINEP, 2011c, p. 2-3).

Dentro do programa de Subvenção Econômica, a FINEP possui uma linha chamada PAPPE Integração. Como forma de compensar o número pequeno de empresas das regiões Norte este programa tem como objetivo estimular as micro e pequenas empresas destas regiões. Com ajuda das Fundações de Amparo à Pesquisa (FAP), esse mecanismo ajuda a descentralizar a política de inovação, auxiliando empresas que não teriam capacidade de se desenvolver sozinhas. O programa, criado em 2010, possui um orçamento de R\$ 100 milhões que devem ser aplicados em despesas de custeio, através de duas formas:

i Sem obrigatoriedade de contrapartida estadual, se o repasse for de R\$ 1 milhão a R\$ 2 milhões;

ii Com contrapartida estadual, seguindo critérios definidos pelo Conselho Nacional dos Secretários Estaduais para Assuntos de Ciência, Tecnologia e Inovação (CONSECTI), se o repasse for maior que R\$ 2 milhões.

Além disso, este mecanismo prevê que os governos estaduais devem se articular com seus parceiros e instituições, de forma a aumentar a participação destes governos na escolha e monitoramento de projetos que os beneficiem. A carta-convite do programa foi lançada no primeiro semestre de 2010 e, por conta disso, não foi possível obter informações sobre os resultados desta linha.

B.1.5 PRIME

O programa Primeira Empresa Inovadora – PRIME – foi criado em 2009 para fornecer condições financeiras e consolidar a fase de desenvolvimento inicial de empreendimentos nascentes com alto valor agregado. Para participar do programa a empresa deve ter até dois anos de existência e deve apresentar um Plano de Negócios que demonstre sua expectativa de crescimento e seu portfólio com produtos de elevado conteúdo tecnológico.

Como é um programa de nível nacional, conta com o apoio de operadores descentralizados em vários estados brasileiro cujos contratos são firmados através dos Convênios de Cooperação Institucional. Com isso, o programa espera desenvolver empreendimentos de alta tecnologia em todas as regiões do país.

No âmbito do programa, cada empreendimento contemplado poderá receber R\$ 120 mil para custear recursos humanos com alta qualificação, consultorias especia-

lizadas em estudos de mercado, serviços jurídicos e financeiros, entre outros. Esses recursos devem ser diluídos em 12 meses e são fornecidos pela linha de Subvenção Econômica. Outro fator importante é que as empresas que atingirem as metas acordadas podem se candidatar à receber recursos do programa Juro Zero, além de serem elegíveis para o programa Inovar Semente.

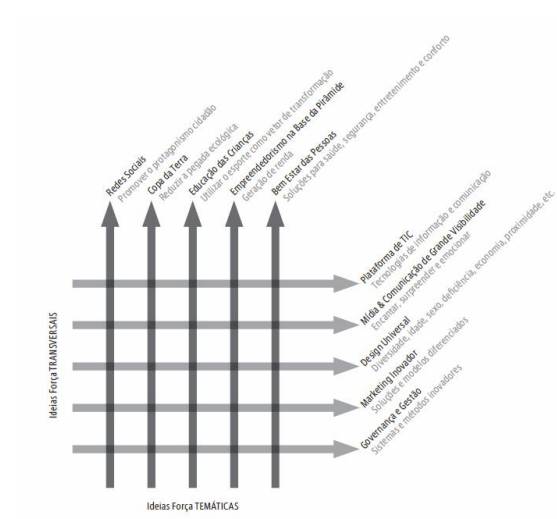
Os primeiros números mostram (FINEP, 2009) que 3.154 empresas se inscreveram no programa PRIME em 2009, porém apenas 17,68% delas ficam nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. A maior parte das empresas inscritas são dos setores de informação e comunicação (37,53%), atividades profissionais, científicas e técnicas (19,48%) e indústria de transformação (17,96%). É interessante ver que a maior parte das empresas inscritas teve sua origem nas universidades (21,43%) ou a partir de *spin-off* de empresas (39,79%).

B.1.6 14Bis

O programa 14Bis é coordenado pela FINEP e tem como objetivo a identificação, planejamento e promoção das empresas brasileiras com projetos inovadores, tanto internamente quanto externamente, aproveitando a visibilidade que o Brasil terá com a Copa de 2014 e as Olimpíadas de 2016. Funciona dentro do âmbito da Câmara Temática de Promoção Comercial e Tecnológica do Comitê Gestor da Copa 2010 e possui 5 idéias-força Transversais e 5 Temáticas (Quadro B.2).

A primeira etapa de investimentos do programa prevê investimento de até R\$ 120 milhões sendo que, em 2010, foram disponibilizados mais de R\$ 20 milhões. Estes investimentos serão feitos em 11 áreas que incluem: medicina, biomecânica, genética e bioquímica, entre outras.

Quadro B.2: Idéias-Força do Programa 14Bis



Fonte: <http://www.finep.gov.br/programas/14bis/visao.pdf>, p. 12. Acesso em 31/05/2011.

B.1.7 PNI

O Programa Nacional de Incubadoras e Parques Tecnológicos (PNI) congrega, articula, aprimora e divulga os esforços institucionais e financeiros de apoio ao planejamento, criação e consolidação de incubadoras de micro e pequenas empresas inovadoras e parques tecnológicos.

Apêndice C

Terceiro apêndice

C.1 Detalhes dos Fundos Setoriais

No Quadro C.1 pode-se observar os detalhes dos Fundos Setoriais que existem atualmente.

Quadro C.1: Detalhamento dos Fundos Setoriais

Fundo	Finalidade	Decreto	Ação	Recursos	Aplicação
Ações Transversais	Apoiar programas estratégicos do MCT que têm ênfase na PITCE	2004	Horizontal	50% dos recursos de cada Fundo Setorial	Não vinculada

continua na próxima página

continuação da página anterior

Fundo	Finalidade	Decreto	Ação	Recursos	Aplicação
Verde-amarelo	Intensificar a cooperação tecnológica entre universidades, centros de pesquisa e o setor produtivo em geral, além de apoiar ações e programas que reforcem e consolidem uma cultura empreendedora e de investimento de risco no País.	3.949/01	Horizontal	50% da CIDE e 43% da receita estimada do IPI incidente sobre os bens e produtos beneficiados pela Lei de Informática.	Não vinculada
CT-Aero	Estimular investimentos em P&D no setor aeronáutico.	4.179/02	Vertical	7,5% da CIDE	Vinculada
CT-Agro	Promover capacitação científica e tecnológica em áreas como agronomia, veterinária, biotecnologia, economia e sociologia agrícola.	4.157/02	Vertical	17,5% da CIDE	Vinculada
CT-Amazônia	Fomentar de atividades de P&D na região amazônica, de acordo com diretrizes das empresas de informática da Zona Franca.	4.401/02	Horizontal	Mínimo de 0,5% do faturamento bruto das empresas de informática da Zona Franca de Manaus	Vinculada

continua na próxima página

continuação da página anterior

Fundo	Finalidade	Decreto	Ação	Recursos	Aplicação
CT-Aquaviário	Financiar projetos na área de Transporte Aquaviário e Construção Naval.	5.252/04	Vertical	3% da parcela do produto da arrecadação do Adicional ao Frete para a Renovação da Marinha Mercante (AFRMM) que cabe ao Fundo da Marinha Mercante (FMM)	Vinculada
CT-Biotec	Capacitar recursos humanos para o setor de biotecnologia, fortalecer a infra-estrutura nacional de pesquisas e serviços de suporte, estimular a formação de empresas de base biotecnológica e a transferência de tecnologias para empresas consolidadas.	4.154/02	Vertical	7,5% da CIDE	Vinculada

continua na próxima página

continuação da página anterior

Fundo	Finalidade	Decreto	Ação	Recursos	Aplicação
CT-Energ	Financiar programas e projetos na área de energia, especialmente na área de eficiência energética no uso final.	3.867/01	Vertical	0,75% a 1% sobre o faturamento líquido de empresas concessionárias de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.	Vinculada
CT-Espacial	Estimular a pesquisa e o desenvolvimento ligados à aplicação de tecnologia espacial na geração de produtos e serviços.	3.915/01	Vertical	25% das receitas de utilização de posições orbitais; 25% das receitas auferidas pela União relativas a lançamentos; 25% das receitas auferidas pela União relativas à comercialização dos dados e imagens obtidos por meio de rastreamento, telemedidas e controle de foguetes e satélites; e o total da receita auferida pela Agência Espacial Brasileira, decorrente da concessão de licenças e autorizações	Vinculada

continua na próxima página

continuação da página anterior

Fundo	Finalidade	Decreto	Ação	Recursos	Aplicação
CT-Hidro	Financiar estudos e projetos na área de recursos hídricos, para aperfeiçoar os diversos usos da água.	3.874/01	Vertical	4% da compensação financeira atualmente recolhida pelas empresas geradoras de energia elétrica (equivalente a 6% do valor da produção de geração de energia elétrica).	Vinculada
CT-Info	Estimular as empresas nacionais a desenvolverem e produzirem bens e serviços de informática e automação.	3.800/01	Vertical	No mínimo 0,5% do faturamento bruto das empresas de informática e automação que recebem incentivos fiscais da Lei de Informática.	Vinculada
CT-Infra	Viabilizar a modernização e ampliação da infra-estrutura de instituições públicas de ensino superior e de pesquisas brasileiras.	3.807/01	Horizontal	20% dos recursos destinados a cada Fundo de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico.	Acadêmica
CT-Mineral	Estimular a pesquisa técnico-científica de suporte à exportação mineral e o desenvolvimento e difusão de tecnologia intermediária nas pequenas e médias empresas.	3.866/01	Vertical	2% da Compensação Financeira do Setor Mineral (CFEM) devida pelas empresas detentoras de direitos minerários.	Vinculada

continua na próxima página

continuação da página anterior

Fundo	Finalidade	Decreto	Ação	Recursos	Aplicação
CT-Petro	Estimular a inovação na cadeia produtiva do setor de petróleo e gás natural	3.318/99	Vertical	25% da parcela do valor dos royalties que exceder a 5% da produção de petróleo e gás natural.	Vinculada
CT-Saúde	Fornecer capacitação e atualização tecnológica nas áreas de interesse do SUS e para as indústrias nacionais de equipamentos médicos-hospitalares.	4.143/02	Vertical	17,5% da CIDE	Vinculada
CT-Transporte	Financiar programas e projetos de P&D em Engenharia Civil, Engenharia de Transportes, materiais, logística, equipamentos e software.	4.324/02	Vertical	10% da receita arrecadada pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER	Vinculada
FSA - Fundo Setorial do Audiovisual	Atividades cinematográficas e audiovisuais de acordo com os programas federais	6.299/07	Vertical	Contribuições recolhidas pelos agentes do mercado, principalmente da Contribuição para o Desenvolvimento da Indústria Cinematográfica Nacional – CONDECINE - e do Fundo de Fiscalização das Telecomunicações - FISTEL.	Vinculada

continua na próxima página

continuação da página anterior

Fundo	Finalidade	Decreto	Ação	Recursos	Aplicação
FUNTTEL	Estimular o processo de inovação tecnológica da indústria brasileira de telecomunicações.	3.737/01	Vertical	0,5% sobre o faturamento líquido das empresas de telecomunicações e contribuição de 1% sobre a arrecadação bruta de eventos participativos realizados por meio de ligações telefônicas, além de patrimônio inicial de R\$ 100 milhões do Fundo de Fiscalização das Telecomunicações (FISTEL).	Vinculada

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado no modelo de [Pereira \(2005, p. 10-11\)](#) a partir dos dados da FINEP, (http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/fundos_setoriais_ini.asp, acesso em 29/04/2011)