

# Avaliação de Impacto de Programas de Incentivos Fiscais à Inovação – Um Estudo sobre os Efeitos do PDTI no Brasil

Ana Paula M. Avellar

*Professora do Instituto de Economia da  
Universidade Federal de Uberlândia (IE/UFU), Brasil*

Patrick Franco Alves

*Consultor Estatístico da Diretoria de Estudos Setoriais do IPEA, Brasil*

---

## Resumo

A prática de incentivos fiscais à inovação é comumente adotada por diversos países com objetivo de estimular as firmas na realização de atividades tecnológicas, sendo especialmente dirigidos às atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). O uso generalizado desses incentivos culminou em uma ampla discussão internacional questionando-se sua efetiva capacidade de estimular (ou não) as firmas beneficiárias a ampliarem seus investimentos em atividades tecnológicas, e assim, acelerar o ritmo de inovação no país. Dentro dessa discussão, o presente trabalho tem como objetivo realizar um exercício empírico de avaliação de um programa brasileiro de incentivos fiscais às atividades tecnológicas, o Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (PDTI). Para capturar os efeitos desse programa no comportamento das firmas beneficiárias em relação às não-beneficiárias, quanto a decisão de gasto em atividades tecnológicas, será aplicado o método *Propensity Score Matching* entendido como uma técnica para determinação de quase-experimentos, baseada em algoritmos de pareamento de indivíduos pertencentes a grupos distintos, cujo objetivo é julgar os efeitos de um determinado tratamento.

*Palavras-chave:* Incentivos Fiscais, Inovação, *Propensity Score Matching*

*Classificação JEL:* 031, 038, C12, C31, H25

---

## Abstract

The policy of fiscal incentives to innovation is usually adopted by different countries with the aim to stimulate the accomplishment of investments in technological activities, especially in activities of Research and Development (R&D). The generalized use of these incentives culminated in a broad international questioning on its capacity to stimulate (or not) the companies to carrying through technological activities, and thus, speeding up the

rhythm of innovation in the country. Within this discussion, the objective of this paper is to evaluate through an empirical exercise the Industrial Technological Development Program (PDTI), a Brazilian program of fiscal incentives for R&D. To capture the effect of this program in the expenditure decision in technological activities of the beneficiary firms, it is applied the method of *Propensity Score Matching*, understood as a technique for pseudo-experiments, based in algorithms of balancing of pertaining individuals of different groups, whose objective is to judge the effect of one determined treatment.

---

## 1. Introdução

A prática de incentivos fiscais à inovação é comumente adotada por diversos países com intuito de estimular um aumento nos investimentos das firmas em atividades tecnológicas, sendo especialmente dirigidos às atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). De maneira geral, esses incentivos podem ser oferecidos de duas formas: pela dedução do imposto de renda e/ou pelo crédito fiscal. A dedução do imposto de renda é incidida sobre os lucros das firmas que realizaram atividades tecnológicas, ou seja, o aumento (total ou incremental) das despesas em P&D pode ser deduzido do lucro. O crédito fiscal, por sua vez, consiste na redução da alíquota do imposto a pagar. Caso haja aquisição de bens de capital esse instrumento também possibilita a aceleração nas taxas de depreciação de tais bens adquiridos.

O levantamento de diversas experiências internacionais identifica especificidades de cada país na aplicação desse instrumento de política tecnológica, tanto no que se refere ao *formato* desse incentivo (taxas de dedução do imposto de renda, crédito fiscal ou aceleração na depreciação dos bens de capital e instalações), e ao *objeto-alvo* do programa (grandes empresas ou pequenas e médias empresas).<sup>1</sup> Por outro lado, o principal ponto de convergência entre essas experiências internacionais está no fato de que todas elas baseiam-se no *Manual Frascati* como referência para definição das atividades elegíveis desses incentivos. A versão de 2002 desse manual (OCDE 2002) apresenta um conceito mais amplo para definir as atividades tecnológicas, expandindo o conceito para além das atividades de P&D da firma. Por atividades científicas e tecnológicas (STA) entendem-se as “atividades sistemáticas estreitamente ligadas à geração, o avanço, a disseminação e a aplicação de conhecimentos científicos e tecnológicos em todos os campos da C&T. Essas incluem atividades como as de P&D, a educação e os treinamentos científicos e tecnológicos, e os serviços científicos e tecnológicos”. (Ministério das Finanças e da Receita do Canadá 2000, p. 257).

---

\* Recebido em janeiro de 2007, aprovado em julho de 2007. Pesquisa realizada no âmbito do IPEA/DISET.

E-mail addresses: anaavellar@ie.ufu.br e patrick.alves@ipea.gov.br.

<sup>1</sup> Maiores detalhes sobre as especificidades de diversos casos internacionais estão apresentados na Tabela A.1 no Apêndice.

O uso generalizado desses incentivos culminou em uma ampla discussão internacional questionando-se sua efetiva capacidade de estimular (ou não) às firmas a realizarem atividades tecnológicas, e assim, possibilitar uma aceleração no ritmo de inovação no país. Dispõe-se, atualmente, de uma extensa bibliografia dirigida à avaliação dos efeitos desse instrumento no que se refere à decisão de gasto em P&D das firmas, uma vez que a discussão da sua efetividade está em pauta por autores como Hall e Van Reenen (2000), Czarnitzki et alii (2004), Griffith et alii (2000) e Bloom et alii (2002).

As principais críticas presentes na literatura apontam três limitações para o uso dos incentivos fiscais como instrumento de política tecnológica:

- a) os incentivos não causam efeitos sobre a percepção de risco da firma, afetando somente sua estrutura de custos;
- b) os incentivos não adiantam recursos financeiros para as atividades tecnológicas, pois somente reembolsam os gastos já realizados, e por isso, excluem muitas firmas de menor porte que não possuem, a priori, capital suficiente para tal investimento;
- c) os incentivos fiscais não conseguem aumentar a base de firmas inovadoras e somente aprofundam as atividades tecnológicas das firmas que já são consideradas inovadoras.

Além desses pontos de crítica, Bastos (2004) destaca também que “incentivos fiscais não são neutros e acabam atendendo preferencialmente a empresas grandes e estabelecidas, com maiores lucros e, conseqüentemente, impostos a pagar” (Bastos 2004, p. 119).

No sentido contrário a essas críticas, destacam-se na literatura também alguns pontos favoráveis a esse instrumento. Os incentivos fiscais à inovação apresentam como um dos seus pontos positivos o fato de abranger “teoricamente” todos os tipos de firma. Isso ocorre pelo fato de reduzir os custos com equidade, independentemente do tipo de projeto de P&D que a firma esteja empreendendo, do seu tamanho, da origem do seu capital, bem como do setor de atividade ao qual participa.

Em comparação aos programas de financiamento direto (crédito) às atividades tecnológicas, por exemplo, os incentivos fiscais apresentam algumas vantagens. Primeiro, os incentivos possibilitam que as decisões de “onde” e “como gastar” em P&D sejam realizadas pelas firmas, compreendidas, nesse caso, como os agentes mais capacitados para avaliar qual projeto será mais bem sucedido no mercado. Ao reduzir os custos de P&D, os incentivos fiscais também atacam as externalidades que, segundo uma visão mais conservadora, seria um dos principais argumentos favoráveis à intervenção governamental. Outra vantagem dos incentivos fiscais em relação ao crédito direto encontra-se no fato desse instrumento ser considerado mais transparente e mais flexível, dado que pode atender a diferentes objetivos, tipos de firmas e setores industriais simultaneamente; e por não possuir um teto-limite de crédito como possuem os créditos diretos, estando diretamente relacionados com a tomada de decisão e os gastos efetivados pelas firmas.

Alguns estudos empíricos contribuem nesse debate encontrando evidências

sobre os efeitos positivos causados pelos incentivos fiscais, apresentando, assim, argumentos favoráveis à sua aplicação como instrumento de política tecnológica. Dentre esses estudos, observa-se a presença de um relativo consenso internacional sobre os efeitos desse instrumento: espera-se que uma redução de 10% no custo das atividades de P&D proporcione um aumento 1% nos gastos em P&D no curto prazo (2 ou 3 anos) e um aumento de 10% no longo prazo. Bloom et alii (2002) estimam essa afirmação com uma avaliação empírica de alguns casos de incentivos fiscais, com dados em painel para diversos países.

Para a avaliação de impacto desse tipo de política tecnológica podem ser encontradas, na literatura internacional, diversas ferramentas metodológicas aplicadas por países desenvolvidos, como Estados Unidos, Canadá, França e Alemanha, e por organismos internacionais, como Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e Banco Mundial. Esses métodos de avaliação podem ser classificados pela sua natureza quantitativa ou qualitativa, de acordo com o propósito da avaliação. As ferramentas quantitativas mais conhecidas são 'peer review', bibliometria, informações administrativas e financeiras (cálculo de valor presente líquido), análise custo-benefício e estudos econométricos. Dentre as metodologias qualitativas destacam-se questionários e estudos de caso.

Destacam-se, entretanto, os estudos econométricos como a metodologia mais comumente utilizada para avaliação e para capturar os efeitos microeconômicos de programas de incentivos fiscais às atividades inovativas das firmas. (Lattimore (1997); David et alii (2000); Aerts e Czarnitzki (2004)).

À luz desse debate, o presente trabalho pretende realizar um exercício empírico de avaliação de um programa de incentivos fiscais às atividades tecnológicas executado no Brasil, o Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (PDTI),<sup>2</sup> com objetivo de capturar o impacto do programa sobre o gasto em atividades tecnológicas das firmas beneficiárias em relação às firmas não-beneficiárias.

Para atender a esse objetivo, o trabalho está organizado em seis seções, incluindo essa. Na Seção 2 são apresentadas algumas experiências internacionais de aplicação de incentivos fiscais consideradas "bem sucedidas", seguida pela descrição do PDTI e de algumas características das firmas beneficiárias ao longo da sua execução. As Seções 03 e 04 apresentam, respectivamente, os dados e a metodologia *Propensity Score Matching* a serem utilizados nesse estudo. Na Seção 5 discutem-se alguns resultados da avaliação, com objetivo de identificar, a partir da aplicação dessa metodologia, se o referido programa foi capaz de alterar o desempenho das firmas beneficiárias em relação a um grupo de firmas não-beneficiárias, no que se refere à decisão de gasto em atividades tecnológicas. Na Seção 06 são apresentadas as considerações finais do trabalho e alguns apontamentos metodológicos para o desenvolvimento futuro da presente pesquisa.

---

<sup>2</sup> Esse programa foi executado entre os anos 1994 e 2005, envolvendo mais de 110 firmas, de diversos setores e regiões, cujo objetivo geral era estimular atividades de P&D via incentivos fiscais. Simultaneamente, foi implementado o PDTA (Programa de Desenvolvimento Tecnológico Agropecuário) mas que não faz parte da presente análise.

## 2. Experiências Internacionais de Avaliação de Incentivos Fiscais e o PDTI

Algumas experiências internacionais evidenciam que o suporte financeiro às atividades de P&D das firmas pelos incentivos fiscais pode condicionar um aumento na produtividade e no gasto em atividades tecnológicas das firmas beneficiárias.

Nessa direção, no início da década de 90, Hall realizou uma avaliação do programa de incentivos fiscais dos Estados Unidos demonstrando que 1% de redução no custo do P&D aumentava os gastos das firmas nessa atividade em 0,84% no curto prazo e em 1,5% no longo prazo. Por esse motivo, a autora ressalta a necessidade de se considerar com cuidado o horizonte temporal do processo de inovação para conseguir de fato capturar algum efeito da política no desempenho das firmas.

Posteriormente, Hall e Van Reenen (2000) analisam diversos casos de incentivos fiscais para P&D, avaliando a relação custo-benefício dos programas, e principalmente, qual a elasticidade da decisão das firmas em investir em P&D considerando a presença dos benefícios fiscais. O resultado obtido ressalta a heterogeneidade dos programas aplicados, desde objetivos até suas formas e períodos de aplicação, condicionando, por sua vez, resultados muito distintos entre os países.

O Canadá, por exemplo, pode ser considerado o país com um dos mais generosos programas de incentivos fiscais. Segundo resultados publicados pelo Departamento de Finanças do Canadá, o programa de incentivos fiscais federal promoveu um aumento de US\$ 1,38 nos gastos em P&D a cada US\$ 1 de renúncia fiscal. Mais que isso, os resultados positivos dos incentivos fiscais também podem ser visualizados pelo aumento no número de novos produtos e pelo aumento nas vendas das firmas. (Czarnitzki et alii 2004, p. 4 e 21).

O caso da Austrália também se destaca por ser uma experiência fora dos países do G7 e por fazer uso exclusivamente de deduções de impostos como incentivos fiscais, sem oferecer crédito fiscal às firmas participantes do programa. Estudos recentes sobre a aplicação de incentivos fiscais nesse país demonstram uma grande eficácia desse instrumento no estímulo à realização de atividades de P&D. Para ilustrar o impacto dessa política, no ano de 1998, o governo australiano enviou para cerca de 150 firmas participantes do programa um questionário para avaliar os impactos do programa no desempenho dessas firmas e obteve resposta de 66 firmas responsáveis por cerca de US\$ 1,55 bi de gastos em P&D (BUSINESS Council of Australia 1999).

### 2.1. O PDTI

O Brasil, diante desse ambiente internacional, executou a partir de 1994 um programa de incentivos fiscais dirigidos às atividades tecnológicas, baseado nas deduções de impostos e no crédito fiscal. O PDTI (Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial) iniciou em 1993, com a Lei n. 8.661, e foi regulamentado pelo Decreto 949 desse mesmo ano, com o objetivo de estimular investimentos privados

em inovação, gerando novos produtos, novos processos ou o aprimoramento de suas características. Essencialmente, o programa visava estimular as atividades de P&D das firmas através da dedução do imposto de renda (IR) e do crédito fiscal, incididos nos impostos de renda sobre pessoa jurídica (IRPJ) e no Imposto sobre Operações Financeiras (IOF).

Em 1997, atendendo às pressões de um forte ajuste fiscal, esse programa sofreu importantes modificações, por meio da Lei 9.532, reduzindo muitos benefícios, como por exemplo, o percentual a ser deduzido no IR e o percentual de isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI).<sup>3</sup> Como conseqüência dessas modificações, em 1998, reduziu-se acentuadamente o número de projetos solicitados em relação aos quatro anos anteriores. Para ilustrar a magnitude dessa redução, no ano de 2002 foram aprovados menos projetos do que no primeiro ano do programa.

Durante sua execução, foram aprovados cerca de 160 projetos, envolvendo mais de 110 firmas, sendo em sua maioria firmas de grande porte. Os setores químico e mecânico lideraram o número de projetos concedidos, destacando-se a Petrobrás como a firma individualmente mais importante em termos de volume de recursos absorvidos. De acordo com Corder e Salles-Filho (2004) o número de projetos que participaram desse programa foi muito reduzido, condicionado por dois motivos: “a concentração das atividades de pesquisa em poucas unidades empresariais, e o já mencionado fato do IRPJ não atingir as empresas de pequeno porte, o que torna os programas atrativos apenas para empresas altamente lucrativas, com IRPJ a recolher” (p. 145).

Como se observa na Tabela 1, não houve importantes mudanças no perfil das firmas beneficiárias nos anos 1997, 2000 e 2003 apresentaram perfil semelhante. Destaca-se a participação de firmas em média com mais de 2.000 funcionários, com tempo de estudo médio dos funcionários entre 8 e 9 anos, com estoque de patentes em torno de 25 patentes em média. Seguindo a mesma tendência, os coeficientes de exportação e de importação pouco se alteram no decorrer do programa e a participação de firmas multinacionais mantém-se estável.

Destaca-se, entretanto, uma redução na idade das firmas beneficiárias e na produtividade do Trabalho. Em outra direção, o Valor de Transformação Industrial a Receita Líquida de Vendas e os Gastos de atividades tecnológicas apresentam crescimento ao longo dos anos de execução do programa.

Segundo dados oficiais do Ministério da Ciência e Tecnologia, nos 10 anos de aplicação do programa, de 1994 a 2004, a relação entre renúncia fiscal e investimento foi de R\$ 1,00 de renúncia para R\$ 3,58 de investimentos gerados, ou seja, foram realizados investimentos no montante de R\$ 4,2 bilhões para um total de R\$ 1,2 bi de incentivos fiscais.

---

<sup>3</sup> As principais características do programa de incentivos fiscais que passaram a vigorar a partir de 1997 eram: – dedução de até 4% do Imposto de Renda dos gastos em P&D; – isenção de 50% IPI dos equipamentos destinados a P&D; – aceleração na depreciação dos equipamentos e amortização de até 100% ao ano dos gastos com aquisição de bens intangíveis para P&D; – crédito de 30% do Imposto de Renda na fonte; e – crédito de 35% do IOF para remessas ao exterior por tecnologias importadas (assistência técnica, *royalties*).

Tabela 1

Características das firmas beneficiárias do PDTI em 1997, 2000 e 2003

Média	1997	2000	2003
Pessoal ocupado (unidade)	2.202,73	2.226,64	2.092,23
Receita total (R\$)	459.751.769,00	766.317.979,00	1.214.637.231,00
Receita líquida (R\$)	415.806.959,90	671.549.648,80	1.016.108.955,00
Valor da transformação industrial (R\$)	173.770.953,00	281.751.106,90	401.465.156,00
Produtividade do trabalho (R\$)	308.028,51	212.787,70	136.605,60
Coef. exportações (%)	0,14	0,17	0,19
Coef. importações (%)	0,13	0,16	0,14
Marketing (%)	0,01	0,01	0,01
Estoque de patentes (unidade)	25,23	24,79	25,10
Multinacionais (%)	0,92	0,93	0,93
Gastos com atividades tecnológicas (R\$ mil)	16.267,65	19.129,80	19.129,80
Funcionários com 3º grau (%)	0,16	0,15	0,13
Idade da firma (ano)	30,18	23,75	19,80
Renda média dos funcionários (R\$)	2.179,58	1.698,02	1.447,00
Tempo de estudo (ano)	8,88	8,91	9,03

Fonte: Manipulação dos autores a partir dos dados da PINTEC 2003/IBGE, PIA/IBGE, SECEX/MDIC, CBE/BACEN, CEB/BACEN, ComprasNet/MPOG RAIS/MTE e FINEP.

\*Firmas inovadoras são aquelas que declararam realizar algum tipo de inovação, entre 2001 e 2003, ou que, neste período, possuíam projetos de inovação incompletos.

Em 1995, com objetivo de capturar os efeitos do referido programa, Meyer-Stamer (1995) realizou um estudo sobre as políticas tecnológicas brasileiras em que identifica um problema adicional na adoção de incentivos fiscais no Brasil. As firmas brasileiras apresentam uma prática de pouca disciplina no pagamento dos impostos devidos ao governo, de modo que essas firmas apresentam baixa elasticidade à redução de impostos como meio de estimular a realização de atividades de P&D.

No entanto, nenhuma outra avaliação sobre os impactos econômicos dessa política foi realizada. Nesse sentido, o presente trabalho vem tentar cobrir essa lacuna apresentando, nas próximas seções, um exercício empírico de avaliação com a utilização de ferramentas estatísticas e econométricas com objetivo de mensurar os efeitos econômicos desse programa no gasto em atividades tecnológicas das firmas beneficiárias em comparação às não-beneficiárias.

### 3. Dados

Os dados utilizados neste artigo resultam da integração, sob coordenação do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, de diversas bases com informações

por firma: Pesquisa Industrial Anual (PIA) e Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); base de dados de comércio exterior da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC); Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE); e do Censo de Capitais Estrangeiros (CEB) do Banco Central do Brasil (BACEN). Deve-se destacar que essas informações constituem a mesma base que foi utilizada para a construção do livro “Inovações, Padrões Tecnológicos e Desempenho das Firms Industriais Brasileiras”.

A partir da PINTEC 2003 foram selecionadas as firmas que responderam que haviam tomado recursos públicos para realização de atividades inovativas, especificamente, através do programa de incentivos fiscais à inovação pela lei n. 8661.

#### 4. Notas Metodológicas

*Propensity Score Matching* é uma técnica para determinação quase-experimentos, baseada em algoritmos de pareamento de indivíduos pertencentes a grupos distintos com o objetivo de se julgar os efeitos de um determinado tratamento. A técnica consiste na realização de um modelo Probit sobre a variável de classificação das observações e posterior utilização das probabilidades estimadas ( $\phi(X'\beta)$ ) para formação do grupo controle. Conforme apontado por Deheja e Wahba (1998), trata-se da inferência em amostras com viés de seleção em unidades não-experimentais onde somente algumas unidades no grupo não-experimental são comparáveis com as unidades que receberam o tratamento.

A variável dependente é definida como sendo a participação das firmas no programa de financiamento PDTI.

No presente artigo a aplicação da técnica de *matching*, resultará na construção de quatro grupos:

- (1) Firms beneficiárias do financiamento PDTI que não possuem características em comum com nenhuma outra firma (Beneficiárias Singulares).
- (2) Firms beneficiárias do financiamento PDTI que possuem características em comum com outras firms não-beneficiárias na amostra (Beneficiárias Não-Singulares).
- (3) Firms não-beneficiárias do financiamento PDTI que possuem características em comum com outras firms não-beneficiárias na amostra (Não-Beneficiárias Não-Singulares).
- (4) Firms não-beneficiárias do financiamento PDTI que não possuem quaisquer características em comum com outras firms beneficiárias na amostra (Não-Beneficiárias Singulares).

A análise posterior à realização do *matching* será realizada através de teste de comparação de médias e de modelos de regressão, e se concentrará nas firms do grupo (2) e (3), ou seja, comparação de firms comparáveis. Uma inovação adicional

na realização das inferências sobre o modelo Probit será a consideração do desenho de amostragem da PINTEC para a análise de dados amostrais complexos, dentro do contexto dos estimadores de Máxima – Pseudo – Verossimilhança (Pessoa et alii 1998).

Formalmente, considerando-se a realização de um experimento, indexando por  $i$  a população de interesse. Seja  $Y_{i1}$  o valor da variável de interesse quando a mesma unidade  $i$  sujeita a aplicação do tratamento e  $Y_{i0}$  o valor da variável de interesse quando a unidade é sujeita à aplicação de um controle ou ausência de tratamento. O efeito do tratamento ( $\tau$ ) para uma unidade é definida através de  $\tau_i = Y_{i1} - Y_{i0}$  e o efeito esperado do tratamento em toda a população será:

$$\tau|_{T=1} = E(\tau_i | T_i = 1) = E(Y_{i1} | T_i = 1) - E(Y_{i0} | T_i = 1)$$

onde  $T_i = 0, 1$ , significa que a mesma unidade experimental está sendo submetida ao controle e ao tratamento.

Conforme salientado por Deheja e Wahba (1998), o problema fundamental em situações não-experimentais é que se pode estimar  $E(Y_{i1} | T_i = 1)$ , entretanto, não é possível obter  $E(Y_{i0} | T_i = 1)$  e a diferença  $\tau^b = E(Y_{i1} | T_i = 1) - E(Y_{i0} | T_i = 0)$  é um estimador viciado para  $\tau$ . Uma vez que as unidades de tratamento e controle diferem sistematicamente em suas características, observar  $Y_{i0} | T_i = 0$ , não estima corretamente  $Y_{i0}$  para o grupo controle. O objetivo da realização de um experimento é prevenir esse viés, entretanto, conforme apontado, através da utilização de um conjunto de covariáveis, de tal forma que  $(Y_{i1}, Y_{i0}) \perp\!\!\!\perp T_i | X_i, \forall i$ , sendo  $Y_i = T_i Y_{i1} + (1 - T_i) Y_{i0}$  e a independência entre os grupos simbolizada por  $\perp\!\!\!\perp$ . Dada a probabilidade de uma unidade  $i$  ser submetida ao tratamento definida como  $p(X_i) \equiv \Pr(T_i = 1 | X_i) = E(T_i | X_i)$ , conforme demonstrado em Deheja e Wahba (1998), o valor da variável de interesse  $Y_{i0}$  e  $Y_{i1}$ , será independente da aplicação do tratamento, ou em outros termos,  $(Y_{i1}, Y_{i0}) \perp\!\!\!\perp T_i | p(X_i), \forall i$ . O estimador  $\tau^b = E(Y_{i1} | T_i = 1) - E(Y_{i0} | T_i = 0)$ , torna-se não viciado para  $\tau$ , condicionalmente à probabilidade de inclusão no tratamento,  $p(X_i) \equiv \Pr(T_i = 1 | X_i)$ .

Como é muito raro encontrar uma outra observação com exatamente a mesma probabilidade de inclusão no grupo de tratamento, define-se um critério de proximidade mínima de forma que a proposição  $(Y_{i1}, Y_{i0}) \perp\!\!\!\perp T_i | X_i, \forall i$  seja válida. O critério definido como a distância métrica em Deheja e Wahba (1998) é dado por:

$$d(i, j) = \left| p(X_j) - \frac{1}{|j|} \sum_{j \in J} p(X_j) \right|$$

4.1. *Matching com vizinho mais próximo*

Seja  $T$  o conjunto de unidades que receberam o tratamento e  $C$  um conjunto de unidades de controle. Seja,  $Y_i^T$  e  $Y_i^C$  as respostas observadas das unidades que receberam o tratamento e das unidades do grupo controle, respectivamente. Seja  $C(i)$  o conjunto de unidades do grupo controle “casadas” com as unidades do grupo de tratamento, tendo um escore estimado dado por  $p_i$ . O casamento com o vizinho mais próximo escolhe:

$$C(p_i) = \min |p_i - p_k|$$

que se constitui um casamento único para cada unidade do tratamento, ao menos que existam mais de um vizinho com o mesmo escore. Na prática, a ocorrência de múltiplas vizinhanças se constitui um caso raro, particularmente se o vetor de características  $X$  contém variáveis contínuas (Becker e Ichino 2002).

No casamento através de um raio  $r$  temos,

$$C(p_i) = \min \{p_j \mid \|p_i - p_k\| < r\}$$

onde todas as unidades que tenham a diferença entre os escores  $p_i$  e  $p_j$  menor que um raio  $r$  são casadas.

Em ambos os métodos, vizinhança mais próxima e casamento radiano, representando por  $N_i^C$  as unidades do grupo controle casadas ( $i \in C$ ), e definindo por  $w_{ij} = 1/N_i^C$ , se  $j \in C(i)$  e  $w_{ij} = 0$ , caso contrário. Então, o efeito do tratamento em ambas as formulações é dado por:

$$\begin{aligned} \tau^M &= \frac{1}{N^T} \sum_{i \in T} \left[ Y_i^T - \sum_{j \in c} w_{ij} Y_j^C \right] = \frac{1}{N^T} \left[ \sum_{i \in T} Y_i^C - \sum_{i \in T} \sum_{j \in c} w_{ij} Y_j^C \right] \\ &= \frac{1}{N^T} \sum_{i \in T} Y_i^C - \frac{1}{N^T} \sum_{j \in C} w_j Y_j^C \end{aligned}$$

onde os pesos  $w_j$  são definidos por  $w_j = \sum_i w_{ij}$ . A variância será dada por:

$$Var(\tau^M) = \frac{1}{(N^T)^2} \left[ \sum_{i \in T} Var(Y_i^T) + \sum_{i \in C} w_j^2 Var(Y_j^C) \right]$$

O efeito do tratamento dado pelo estimador de Kernel será obtido através de:

$$\tau^K = \frac{1}{N^T} \sum_{i \in T} \left\{ Y_i^T - \frac{\sum_{j \in c} Y^C G(p_j - p_i/h_n)}{\sum_{k \in C} G(p_j - p_i/h_n)} \right\}$$

onde  $G(\cdot)$  é uma função de Kernel  $k_n$  é um parâmetro de espaçamento. Um consistente estimador das respostas no grupo controle é dado por:

$$\frac{\sum_{j \in c} Y^C G(p_j - p_i/h_n)}{\sum_{k \in C} G(p_j - p_i/h_n)}$$

#### 4.2. Métodos de estratificação

A construção dos escores baseia-se em um método de estratificação, onde o efeito do tratamento é dado por:

$$\tau_q^S = \sum_{i \in I(q)} (Y_i^T / N_q^T) - \sum_{j \in I(q)} (Y_j^C / N_q^C)$$

onde  $I(q)$  é o conjunto de unidades no estrato  $q$ , enquanto  $N_q^T$  e  $N_q^C$  representam o número de unidades no grupo controle e tratamento, respectivamente. Baseando-se na fórmula,

$$\begin{aligned} \tau &\equiv E \{Y_{1i} - Y_{0i} \mid D_i = 1\} \\ &= E [E \{Y_{1i} - Y_{0i} \mid D_i = 1, p(X_i)\}] \\ &= E [E \{Y_{1i} \mid D_i = 1, p(X_i)\} - E \{Y_{0i} \mid D_i = 0, p(X_i)\}] \end{aligned}$$

o efeito do tratamento será

$$\tau^S = \sum_{q=1}^Q \tau_q^S \frac{\sum_{i \in I(q)} D_i}{\sum_{\forall i} D_i}$$

Assumindo independência entre as observações no grupo controle e tratamento, a variância será dada por:

$$Var(\tau^S) = \frac{1}{N^T} \left[ Var(Y_i^T) + \sum_{q=1}^Q \frac{N_q^T}{N^T} \frac{N_q^T}{N_q^C} Var(Y_j^C) \right]$$

#### 4.3. Método de Mahalanobis

A distância de *mahalanobis* é a distância entre dois vetores de dimensão  $N$  levando-se em consideração a matriz de covariância entre o grupo controle e tratamento. Ordenando-se as variáveis aleatoriamente e calculando-se as distâncias entre o primeiro e todos os não-participantes, e assim sucessivamente:

$$d(i, j) = (p_i - p_j)' C^{-1} (p_i - p_j)$$

onde  $C$  representa a matriz de covariância. Quando a matriz de covariância é uma identidade, então a distância de *mahalanobis* se reduz à distância euclidiana.  $p_i$  e  $p_j$  representam o vetor de escores do grupo controle e tratamento.

### 5. Avaliação do PDTI

O procedimento adotado para identificação do efeito do programa PDTI constituiu-se nas seguintes etapas:

- (1) Primeiramente realizou-se um teste de comparação de médias entre as firmas beneficiárias do tratamento PDTI e as firmas não-beneficiárias do programa, mas que tenha realizado alguma forma de inovação tecnológica, produto ou processo, segundo o questionário da PINTEC – 2003;
- (2) numa segunda etapa realizou-se um modelo Probit para construção dos escores  $p_i$  e  $p_j$  no grupo (beneficiárias) e controle (não-beneficiárias);
- (3) após a realização do matching, realizou-se novamente o teste  $t$  para comparação de médias entre os grupos balanceados.

O teste  $t$  para comparação das médias das firmas que foram beneficiárias do programa de financiamento e não-beneficiárias do programa, realizado antes do pareamento dos dados, mostra que todas as diferenças são significantes antes do pareamento dos dados. O resultado apresentado na Tabela 2 não possibilita qualquer conclusão a respeito da validade do programa PDTI, uma vez que a amostra apresenta problemas de auto-seleção. Cabe ressaltar que, mesmo antes do pareamento dos dados, o teste de comparação de médias para os coeficientes de exportação, importação e porcentagem de gastos com marketing em relação à receita e número de firmas multinacionais não foram significantes entre os dois grupos. A ausência de significância especificamente nestas médias, antes da realização do *matching*, pode ser devido à normalização das exportações, importações e gastos com marketing pela receita das firmas.

A Tabela 3 mostra o teste da razão de verossimilhança<sup>4</sup> para verificação da hipótese nula global de que todos os coeficientes do modelo são nulos, ou seja,  $H_0 : \beta_1 = \dots = \beta_k = 0$ . Mais especificamente estatística da verossimilhança realiza a comparação entre o modelo completo e um modelo com apenas o intercepto,

$$\Phi^{-1}(\pi) = \beta_0 + \beta_1 mktshare + \beta_2 Exp_{t-2} + \beta_3 \ln PO + \mu_i + \gamma_k + \alpha_j$$

versus

$$\Phi^{-1}(\pi) = \beta_0$$

O resultado dos testes da verossimilhança mostra rejeição do modelo Probit contendo somente o intercepto e a validade de pelo menos uma das variáveis utilizadas no modelo. O ajustamento do modelo Probit para obtenção dos escores que alimentam o matching foi realizado utilizando-se a PROC LOGISTIC/SAS especificando uma função de ligação Probit.

$$\Phi^{-1}(\pi) = \beta_0 + \beta_1 mktshare + \beta_2 Exp_{t-2} + \beta_3 \ln PO + \mu_i + \gamma_k + \alpha_j$$

---

<sup>4</sup> Também conhecida como estatística DEVIANCE compara a função de verossimilhança do modelo maximal e do modelo ajustado,

$$D = -2 [L_{\max}(\beta_0) - L(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \mu_i, \gamma_k, \alpha_j)]$$

Tabela 2. Teste *t* para comparação das médias das beneficiárias do PDTI em relação às firmas não-beneficiárias (Total das Firmas Inovadoras) – 2003

Variáveis	Média da diff	Desvio médio da diff	P-valor	Média não PDTI	Média PDTI
Pessoal ocupado(unidade)	2.469,00	1.437,90	<0,001	181,36	2.650,36
Receita total(R\$)	1.940.000.000.000	1.490.000.000	<0,001	42.257.370,10	1.940.042.257.370,1
Receita líquida(R\$)	1.660.000.000	1.300.000.000	<0,001	38.189.304,07	1.698.189.304,07
Valor da transformação industrial (R\$)	878.000.000	883.000.000	<0,001	14.128.712,30	892.128.712,30
Produtividade do trabalho(R\$)	106.000,00	201.376,00	<0,001	43.107,00	149.107,00
Coef. exportações(%)	0,01	0,65	n.s	0,18	0,19
Coef. importações(%)	0,03	0,28	n.s	0,11	0,14
Marketing(%)	0,00	0,03	n.s	0,02	0,02
Estoque de patentes(unidade)	24,07	20,46	<0,001	15,88	39,95
Patentes em 2003(unidade)	0,21	0,50	<0,001	0,50	0,71
Multinacionais(%)	0,00	0,38	n.s	0,33	0,33
Gastos com atividades tecnológicas (R\$ mil)	23.073,00	28.269,00	<0,001	625,12	23.698,12
Funcionários com 3º grau(%)	0,08	0,25	<0,001	0,06	0,13
Idade da firma(ano)	6,12	28,39	<0,001	13,96	20,08
Renda média dos funcionários(R\$)	667,80	1.687,20	<0,001	802,20	1.470,00
Tempo de estudo (ano)	1,02	4,55	<0,001	8,02	9,05
Número de firmas	-	-	-	4.765 94	-

Fonte: Manipulação dos autores a partir dos dados da PINTEC 2003/IBGE.

As variáveis explicativas selecionadas para o modelo probabilístico foram: *mktshare*: Participação da receita da empresa no setor de atividade econômica, como indicador de competitividade nacional.

*Exp<sub>t-2</sub>*: *Dummy* de Exportação da empresa, defasada em dois períodos, como indicador de competitividade internacional.

$\ln PO$ : Logaritmo do número de pessoas ocupadas na empresa, para capturar o efeito do tamanho da empresa na probabilidade de participar do programa público.

$\mu_l$ : Solvência da empresa, expressa como variável de classe e utilizada como indicador financeiro da empresa.

$\gamma_k$ : Setor de atividade econômica da empresa, segundo a classificação de intensidade tecnológica da OCDE.

$\alpha_j$ : Região de localização geográfica da empresa, considerando as cinco grandes regiões do país.

Tabela 3

Modelo PROBIT (Beneficiárias = 202 × Não-Beneficiárias = 30.146)

Efeito	Estatística Qui-Quadrado de Wald	GL	P-Valor
Pessoal ocupado	8,0357	1	0,0046
Market share	64,4429	1	<0,0001
Exportadora <sub>t-2</sub>	65,1014	1	<0,0001
Solvência da firma	19,4176	3	0,0002
Setor de atividade econômica	90,4346	11	<0,0001
Região geográfica	35,9654	4	<0,0001
Razão de verossimilhança	418,2795	21	<0,0001
Pseudo R <sup>2</sup>	0,2095		

Fonte: Manipulação dos autores a partir dos dados da PINTEC 2003/IBGE

Dentre as variáveis utilizadas no conjunto de variáveis explicativas a *market share* das firmas foi construído através da participação da receita líquida das firmas sobre a receita líquida total do setor de atividade econômica, definido a partir de três dígitos da CNAE. A variável solvência ( $\mu_l$ ) foi definida em quatro classes (CR1 a CR4) e as empresas foram agrupadas nos quartis de acordo com o percentual de endividamento em relação à receita líquida. Por exemplo, uma empresa com até 25% de endividamento em relação à receita líquida encontra-se na Classe de Solvência 01 (CR1), ente 25% e 50% na CR2, entre 50% e 75% na CR3, e maior que 75% na CR4.

Foram incluídos ainda no modelo a região geográfica de localização ( $\alpha_j$ ) considerando as cinco maiores regiões do Brasil e o setor de atividade econômica ( $\gamma_k$ ) segundo a classificação de intensidade tecnológica da OCDE utilizada anteriormente por Prochnik e Araújo (2005).

O pseudo R<sup>2</sup>, obtido comparando-se a função de máxima verossimilhança do modelo completo com a máxima verossimilhança do modelo com somente o

intercepto, foi de 20,95%, indicando um grau de explicação moderado do modelo e compatível com os objetivos do ajustamento do modelo.

Tabela 4

Estimativas para o modelo PROBIT (beneficiárias=202×não-benef.=30.146)

Parâmetros	Estimativas	Std. error	P-Valor
Intercepto	-3,4617	16,722	0,8360
Log pessoal ocupado	0,0480	0,0173	0,0046
Market share	2,1461	0,2673	<0,0001
Exportadora <sub>t-2</sub>	0,2914	0,0361	<0,0001
Classe solvência da firma 01 (CR1)	0,1495	0,0683	0,0287
Classe solvência da firma 02 (CR2)	-0,2982	0,0797	0,0020
Classe solvência da firma 03 (CR3)	0,1805	0,0603	0,0028
Região geográfica 01	0,8317	16,722	0,9603
Região geográfica 02	0,9799	16,723	0,9533
Região geográfica 03	0,5068	16,722	0,9758
Região geográfica 04	0,6205	16,722	0,9704

Fonte: Manipulação dos autores a partir dos dados da PINTEC 2003/IBGE

O modelo Probit apresentado acima (Tabela 4) mostra um impacto significativo e positivo de todas as variáveis do pessoal ocupado, market share, e firma exportadora em  $t-2$ . A não significância de algumas classes de região de localização mostra que estas não diferem entre si quanto à probabilidade de participação no programa de financiamento, entretanto, a inclusão da região geográfica acrescenta contribuição significativa na explicação do modelo, conforme apontado pelo teste tipo I.

O modelo mostra que um aumento de 1% no número de pessoas ocupadas determina um aumento de 4,8% na probabilidade de participação no programa de financiamento, no entanto, este resultado deve ser analisado com cautela devido à ocorrência de auto-seleção na amostra. Dado que o ajustamento do modelo tem como objetivo a criação dos escores do *matching*, a ocorrência de auto-seleção neste momento da análise torna-se um problema secundário.

Optou-se por utilizar principalmente variáveis em classe, uma vez que a inclusão de muitas variáveis quantitativas aumenta o número de firmas que não possuem casamento no grupo das não-beneficiárias, incorrendo em demasiada perda de graus de liberdade no teste *t* para comparação de médias.

O *matching* um-para-um, realizado entre o grupo das beneficiárias e não-beneficiárias do programa de financiamento, utilizou a implementação do algoritmo de Greedy em uma Macro/SAS disponível em Parsons (2001). A

aplicação do algoritmo de Greedy foi realizada anteriormente por Araújo e Pianto (2005).

O teste tipo I apresentado abaixo, mostra que todas as variáveis incluídas no modelo apresentam alguma contribuição relevante para o mesmo.

O modelo após a realização do *matching* possibilita algumas análises a respeito do efeito do programa de financiamento PDTI, dado que o conjunto de firmas beneficiárias e não-beneficiárias, nesse momento, é comparável.

O que se observa primeiramente, a partir da Tabela 5, é a ausência de significância de algumas variáveis, entre elas, o percentual em média de empregados com 3<sup>o</sup> Grau, representando a qualificação da mão de obra da firma; a idade da firma, a remuneração média dos funcionários e o tempo de estudo médio dos funcionários. O número de funcionários, a receita total, a receita líquida, o valor da transformação industrial, e a produtividade do trabalho permaneceram significativas mesmo após o balanceamento dos dados. Desta forma, os resultados indicam um aumento de 20,86% no número de funcionários das firmas, na receita total um aumento de 20,17% e na receita líquida um aumento estimado de 20,23% devido à participação no programa de financiamento. O valor da transformação industrial recebeu um incremento estimado de 18,41%. A produtividade do trabalho recebeu um incremento de 58,67%, sendo, entretanto somente significativa ao nível de 10%. O estoque de patentes e os gastos com atividades tecnológicas, receberam um incremento estimado de aproximadamente 3,25% e 12,57% respectivamente, devido à participação no programa de financiamento.

Após o balanceamento através do *matching* foi realizada uma regressão linear. O ajuste deste modelo tem como objetivo verificar quais os determinantes das atividades inovativas após a limpeza dos efeitos de auto-seleção, especialmente a significância e intensidade da variável indicadora de participação no programa PDTI. Utilizou-se a matriz de covariância robusta de White para correção dos problemas de heterocedasticidade nos dados.

Tabela 5. Pós-matching: Teste *t* para comparação das médias das beneficiárias do PDTI em relação às firmas não-beneficiárias 2003

Variáveis	Média da dif.	Desvio médio da dif.	P-Valor	Média não PDTI	Média PDTI
	Pessoal ocupado(unidade)	781,22	2.847,10	0,031	205,92
Receita total(R\$)	862.896.650,00	1.940.000.000,00	0,001	218.086.941,00	1.080.983.591,00
Receita líquida(R\$)	754.211.203,00	1.650.000.000,00	0,001	191.243.125,00	945.454.328,00
Valor da transformação industrial (R\$)	291.635.741,60	610.000.000,00	0,003	65.823.766,40	357.459.508,00
Produtividade do trabalho(R\$)	29.641,04	174.187,00	0,064	42.077,00	71.718,04
Coef.exportações(%)	0,01	0,26	n.s.	0,06	0,07
Coef.importações(%)	0,00	0,06	n.s.	0,02	0,02
Marketing(%)	0,00	0,01	n.s.	0,00	0,00
Estoque de patentes(unidade)	5,65	23,79	0,010	0,19	5,84
Patentes em 2003(unidade)	-0,20	0,53	<0,001	0,96	0,76
Multinacionais(%)	0,02	0,65	n.s.	0,16	0,18
Gastos com atividades tecnológicas(R\$ mil)	11.052,57	54.796,00	0,028	1.589,20	12.641,77
Funcionários com 3º grau(%)	0,00	0,27	n.s.	0,12	0,12
Idade da firma(ano)	1,29	26,18	n.s.	18,15	19,44
Renda média dos funcionários(R\$)	-79,11	2.239,10	n.s.	1.462,43	1.383,32
Tempo de estudo(ano)	0,16	3,87	n.s.	8,75	8,91
Número de firmas	-	-	-	85	85

Fonte: Manipulação dos autores a partir dos dados da PINTEC 2003/IBGE

Tabela 6

Regressão linear (modelo OLS) para gastos em atividades tecnológicas das firmas beneficiárias do PDTI – 2003

Variáveis explicativas	OLS		Tobit	
	Estimativa	P-Valor	Estimativa	P-Valor
Intercepto	4,44	n.s.	5,69	0,144
<i>Dummy</i> para PDTI	1,9	*	2,06	0,000
<i>Dummy</i> multinacional	0,856	*	0,966	0,043
Proporção de funcionários com 3 <sup>o</sup> grau	3,809	*	4,56	0,019
Log idade	-	-	0,219	0,566
Log renda	-	-	-0,76	0,203
Log produtividade	0,009	n.s.	0,028	0,763
Log patentes	0,33	***	0,353	0,065
Log marketing	-	-	-0,026	0,521
Classe pessoal ocupado 01	-	-	-	-
Classe pessoal ocupado 02	0,416	n.s.	0,443	0,595
Classe pessoal ocupado 03	1,06	n.s.	1,05	0,235
Classe pessoal ocupado 04	1,105	**	2,14	0,015
Market share	0,89	n.s.	0,729	0,737
R <sup>2</sup> ajustado	0,589		0,1614	
N	169		169	

Fonte: Manipulação dos autores a partir dos dados da PINTEC 2003/IBGE.  
 Obs: \* Significativa a 1%; \*\* Significativa a 5%; \*\*\* Significativa a 10%;  
 n.s. Não significativa.

Os modelos acima (Tabela 6), ajustados pelo método dos mínimos quadrados e pela máxima-verossimilhança, mostram a inexistência de significância de algumas variáveis quando da análise de uma amostra balanceada. Os gastos com atividade inovativas apresentam um total de 10% contendo observações nulas, e por este motivo ajustou-se também um modelo Tobit.<sup>5</sup>

O valor do coeficiente de explicação para o modelo de regressão linear foi de 58,9%, e para o modelo Tobit foi de 16,14%.

De acordo com os dados apresentados na regressão linear, o fato da firma possuir capital controlador estrangeiro determina em 85% o aumento nos gastos com atividade inovativas. Um aumento de três vezes na proporção de funcionários com terceiro grau, está associado a um aumento de 1% na proporção dos

<sup>5</sup> O modelo Tobit diferencia-se do modelo OLS, pelo tratamento dado as observações nulas, ao conjugar na função de verossimilhança as características de um modelo Probit e OLS. A sua função de máxima-verossimilhança é dada por (Verbeer, 2000):

$$\log L(\beta, \sigma^2) = \sum_{i \in I_0} \log \left[ 1 - \Phi \left( \frac{x'_i \beta}{\sigma} \right) \right] + \sum_{i \in I_0} \log \left[ \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp \left( -\frac{1}{2} \frac{(y_i - x'_i \beta)^2}{\sigma^2} \right) \right]$$

gastos com atividades inovativas, incluindo entre elas os gastos com pesquisa e desenvolvimento. Um aumento de 1% no número de patentes está associado a um aumento de 33% nos gastos com atividades inovativas. De acordo com os modelos OLS e Tobit, e ainda, dentro do contexto da metodologia adotada para balanceamento dos dados, a produtividade do trabalho, a idade das firmas e a remuneração média dos funcionários não se constituem um determinante dos gastos com atividades inovativas.

## 6. Considerações Finais

Antes da realização do pareamento, os resultados do teste *t*, para comparação das médias das firmas que foram beneficiárias do PDTI com as não-beneficiárias do programa, evidenciam que todas as diferenças são significantes, tornando muito difícil qualquer conclusão a respeito da validade do programa.

Como se pode observar, a realização do *matching* no modelo tornou possível uma análise mais apurada sobre os efeitos do programa de financiamento PDTI no desempenho das firmas participantes, já que o conjunto de firmas beneficiárias e não-beneficiárias, nesse momento, tornou-se comparáveis. Após esse balanceamento dos dados destaca-se a ausência de significância de variáveis como: qualificação da mão de obra da firma, percentual médio de empregados com 3º Grau, idade da firma, remuneração média dos funcionários e tempo de estudo médio dos funcionários. Permanecem como significativas as variáveis: número de funcionários, receita total, receita líquida, valor da transformação industrial e produtividade do trabalho.

Os resultados da regressão linear, por sua vez, demonstram que o fato da firma possuir capital controlador estrangeiro condiciona em 85% o aumento nos gastos com atividade inovativas, e que um aumento de 1% no número de patentes está associado a um aumento de 33% nos gastos com atividades inovativas. Tanto no modelo OLS quanto no Modelo Probit, observa-se que a produtividade do trabalho, a idade das firmas e a remuneração média dos funcionários não se constituem um determinante dos gastos com atividades tecnológicas.

Por fim, pode-se concluir, através dos resultados da regressão que o fato da firma participar do programa PDTI determinou um aumento de 190% nos gastos com atividades tecnológicas, demonstrando, segundo os resultados obtidos após a aplicação dessa metodologia, que o programa PDTI conseguiu atingir o objetivo de aumentar os gastos em atividades tecnológicas das firmas beneficiárias.

Por se tratar de um primeiro exercício empírico, o trabalho pretende dar continuidade em investigações futuras, realizando avaliação de outros programas de financiamento às atividades de inovação do Brasil, dado que podem trazer novas contribuições acerca dos efeitos de políticas públicas sobre o comportamento das firmas. Considerando que a PINTEC utiliza um desenho de amostragem complexo (IBGE 2004), o ajustamento do modelo Probit através da abordagem de análise amostral complexa descrita em Pessoa et alii (1998), pode demonstrar

uma mudança de significância de algumas das variáveis utilizadas no modelo, e conseqüentemente, especificações alternativas para o mesmo. A utilização de técnicas de tratamento de auto-seleção, como o modelo de Heckman (1979), a utilização de algoritmos alternativos de *Propensity Score Matching*, bem como a estimativa do efeito do tratamento de Kernel se constitui um esforço econométrico justificável na análise futura de outros programas de financiamento, permitindo analisar a concordância dos resultados obtidos a partir de técnicas distintas.

## Referências bibliográficas

- Aerts, K. & Czarnitzki, D. (2004). Using innovation survey data to evaluate R&D policy: The case of Belgium. Discussion Paper 05-55. ZEW: Centre for European Economic Research. <http://opus.zbw-kiel.de/volltexte/2004/2193/pdf/dp0455.pdf>.
- Araújo, B. C. P. O. & Pianto, D. M. (2005). Potencial exportador das firmas industriais brasileiras. In *Anais do XXX Encontro Nacional de Pós-Graduação em Economia*. ANPEC, Natal.
- Bastos, V. (2004). Incentivos à inovação: Tendências internacionais e no Brasil e o papel do BNDES junto às grandes empresas. *Revista do BNDES*, 11(21):107-138.
- Becker, S. & Ichino, A. (2002). Estimation of average treatment effects based on propensity scores. *The Stata Journal*, 2(4):358-377.
- BIE (1993). R&D, innovation and competitiveness: An evaluation of the research and development tax concession. Bureau of Industry Economics. Research Report 50, Australian Government Publishing Service.
- Bloom, N., Griffith, R., & Van Reenen, J. (2002). Do R&D tax credit work? Evidence from a panel of countries 1979-1997. *Journal of Public Economics*, 85:1-31.
- BUSINESS Council of Australia (1999). Survey of research and development expenditure by Australian businesses.
- CANADIAN Department of Finance (1997). The federal system of income tax incentives for scientific research and experimental development. Evaluation Report. Ottawa, Department of Finance.
- Corder, S. & Salles-Filho, S. (2004). Financiamento e incentivos ao Sistema Nacional de Inovação. *Parcerias Estratégicas*, 19(dezembro).
- Czarnitzki, D., Hanel, P., & Rosa, J. M. (2004). Evaluating the impact of R&D tax credits on innovation: A microeconomic study on Canadian firms. Centre for European Economic Research, ZEW Discussion Paper 04-77, November. Disponível em <http://callisto.si.usherb.ca:8080/gredi/wpapers/GREDI-0501.pdf>.
- David, P. A., Hall, B. H., & Toole, A. A. (2000). Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the econometric evidence. *Research Policy*, 29:497-529.
- Deheja, R. H. & Wahba, S. (1998). Propensity score matching methods for non-experimental causal studies. National Bureau of Economic Research. Working Paper Series 6829. [www.nber.org/papers/w6829](http://www.nber.org/papers/w6829). Último acesso em 25/07/2006.
- Griffith, R., Redding, S., & Van Reenen, J. (2000). *Measuring the Cost Effectiveness of an R&D Tax Credit for the UK*. Center for Economic Performance, London School of Economics and Political Science, London.
- Hall, B. H. & Van Reenen, J. (2000). How effective are fiscal incentives for R&D? A review of the evidence. *Research Policy*, 29:449-469.

- Heckman, J. J. (1979). Sample selection bias as a specification error. *Econometrica*, 47:153–161.
- IBGE (2004). Pesquisa industrial de inovação tecnológica. Rio de Janeiro: Série relatórios metodológicos, v. 30, 110 p.
- INDUSTRY of Canada (1998). A structuralist assessment of technology policies – Taking Shumpeter seriously on policy. Research Publications Program, Working Paper 25, October.
- Lattimore, R. (1997). Research and development fiscal incentives in Australia: Impacts and policy lessons. Conference Policy Evaluation in Innovation and Technology, ch. 7. Science and Technology Policy Division, OECD, Paris.
- Meyer-Stamer, J. (1995). New departures for technology policy in Brazil. *Science and Public Policy*, October:295–304.
- Ministério das Finanças e da Receita do Canadá (2000). Por que e como os governos apóiam atividades de pesquisa e desenvolvimento. Parcerias Estratégicas 8, maio.
- OCDE (2002). The measurement of scientific and technological activities: Proposed standard practice for surveys on research and experimental development. Frascati Manual. Paris.
- OCDE (2003). Tax incentives for research and development: Trends and issues. Science Technology Industry. Disponível em: [www.oecd.org/dataoecd/12/27/2498389.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/12/27/2498389.pdf).
- OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT (1995). The effectiveness of research and experimentation tax credits. Congress of the United States. September.
- Parsons, L. (2001). Reducing bias in a propensity score matched-pair sample using Greedy matching techniques. Ovation Research Group, Seattle, WA. Proceedings of the twenty-sixth annual SAS users. Paper 214-26.
- Pessoa, D. G. C., Nascimento, S. P. L. D., & Duarte, R. P. N. (1998). Análise de dados amostrais complexos. Escola Nacional de Ciências Estatísticas – ENCE. Minicurso SINAPE.
- Prochnik, V. & Araújo, R. D. (2005). Uma análise do baixo grau de inovação na indústria brasileira a partir do estudo de firmas menos inovadoras. In Negri, D. & Salerno, editors, *Inovações, Padrões Tecnológicos e Desempenho das Firms Industriais Brasileiras*. IPEA.
- UK (2005). Supporting growth in innovation: Enhancing the R&D tax credit. HM Treasury. July.
- White, H. (1980). A heterocodasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heterocodasticity. *Econometrics*, 48:817–838.

Apêndice  
Tabela A.1  
Características dos programas de incentivos fiscais aplicados em diferentes países

	Austrália	Canadá	EUA	Reino Unido	Brasil
Ano de introdução e atualizações recentes	1986(1991)	1944(1983)	1954(1980)	2000	1993(1997)
Dedução do IR	<ul style="list-style-type: none"> <li>•125%para despesas correntes;</li> <li>•100%para despesas correntes</li> <li>•125%para despesas de capital</li> <li>•100%para despesas de capital</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•100%para despesas correntes</li> <li>•100%para despesas correntes ao longo dos 5 primeiros anos;</li> <li>•100%para despesas de capital</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•100% para despesas correntes;</li> <li>•100% para despesas de capital</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•15 a 25%das despesas operacionais com P&amp;D limitados</li> <li>•4%(antes era 8%) do IR devido,incluindo Vale transporte,Programa de Alimentação do Trabalhador e outros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•15 a 25%das despesas operacionais com P&amp;D limitados</li> <li>•4%(antes era 8%) do IR devido,incluindo Vale transporte,Programa de Alimentação do Trabalhador e outros</li> </ul>
Incremental ao longo de 3 anos					
Depreciação acelerada em equipamentos	3 anos	100%do valor no 1º ano	3 anos		3 vezes mais rápida que o normal
Depreciação acelerada em instalações	40 anos	100%do valor no 1º ano	5 anos		3 vezes mais rápida que o normal
Crédito fiscal	Não se aplica	20 a 35% do valor total das despesas de capital e de custeio em P&D, limitado a 50%do IR devido,com base na média dos gastos dos últimos 3 anos	20% sobre o valor incremental das despesas de P&D,com base na média dos gastos dos últimos 3 anos, próprios ou contratados	Não se aplica	30% do valor das despesas para o IR e 35%p/o IOF
Tipo de firma-alvo	Preferencialmente grandes firmas	Grandes e pequenas firmas	Preferencialmente grandes firmas	Preferencialmente pequenas e médias firmas	Grandes firmas

Fonte: Elaboração dos autores. Dados: UK (2005); Ministério das Finanças e da Receita do Canadá (2000); OCDE (2003); Bastos (2004).