

DESEMPENHO ECONÔMICO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA: UMA ANÁLISE CONTRAFCTUAL DOS IMPACTOS DA INOVAÇÃO

Sergio Kannebley Junior
Depto. de Economia FEA-RP/USP

Julia de Oliveira Valeri
Consultora do IPEA

Bruno César Araújo*
Pesquisador do IPEA

RESUMO:

Este trabalho procura testar os impactos de diversas atividades inovativas sobre o desempenho e sobre a taxa de crescimento das firmas industriais brasileiras, nos períodos 1996-2002. Tendo como base as predições de um modelo teórico simplificado, os supostos impactos da inovação (tratamento) sobre as empresas inovadoras (tratadas) são avaliados a partir de métodos de *matching* baseados em *propensity score*. Após a correção do viés de seleção das firmas sobreviventes no período, foi verificado que, em média, a realização de inovações tecnológicas produz impactos positivos e significativos sobre o pessoal ocupado, a receita líquida de vendas, a produtividade do trabalho, a produtividade do capital e o *market share* das firmas. Do ponto de vista quantitativo, as inovadoras experimentam, nos dois anos seguintes à inovação, um crescimento de 10,8 a 12,5% no emprego, 18,1 a 21,7% na receita líquida, 10,8 a 11,9% na produtividade do trabalho, 11,8 a 12,0% na produtividade do capital e 19,9 a 24,3% no *market share* em relação à média das não inovadoras do grupo de controle. No entanto, tal impacto positivo não foi observado para a variável de *mark-up*. Observou-se também que a conjunção de inovações em produto e em processo, relativamente a outras formas de inovação, gera impacto maior sobre desempenho das firmas.

Palavras-chave: inovação tecnológica, *propensity score matching*.

Área Anpec: 8 (economia industrial e da tecnologia)

ABSTRACT

This article assesses if innovators outperform non-innovators in Brazilian manufacturing during 1996-2002. To do so, we begin with a simple theoretical model and test the impacts of technological innovation (treatment) on innovating firms (treated) by employing propensity score matching techniques. Correcting for the survivorship bias in the period, it was verified that, on average, the accomplishment of technological innovations produces positive and significant impacts on the employment, the net revenue, the labor productivity, the capital productivity and market share of the firms. However, this result was not observed for the mark-up. Especially, the net revenue reflects more robustly the impacts of the innovations. Quantitatively speaking, innovating firms experienced a 10.8 to 12.5% growth on employment, a 18.1 to 21.7% growth on the net revenue, a 10.8 to 11.9% growth on labor productivity, a 11.8 to 12.0% growth on capital productivity and a 19.9 to 24.3% growth on their market share, relatively to the average of the non-innovating firms in the control group. It was also observed that the conjunction of product and process innovations, relatively to other forms of innovation, presents the stronger impacts on the performance of Brazilian firms.

Keywords: technological innovation, *propensity score matching*.

JEL: O31, O33, C40

* Esse trabalho foi realizado no âmbito das pesquisas conduzidas pelo DPTI-IPEA, sob direção de João Alberto de Negri. Os autores agradecem os comentários e sugestões de Patrick Alves, Daniel Da Mata e Danilo Coelho, além das contribuições metodológicas de Fernando Freitas. Os erros e omissões são de responsabilidade dos autores.

1. Introdução

A exposição da indústria brasileira à concorrência externa evidenciou o hiato tecnológico ao qual estava submetida, especialmente nos setores difusores de tecnologia. O resultado foi uma corrida por parte das empresas brasileiras visando à adequação dos padrões tecnológicos às práticas internacionais, principalmente mediante importação e imitação de tecnologia, o que resultou no aumento da produtividade da indústria. No entanto, esse padrão de adequação tecnológica teve um cunho restrito, com tendência à limitação da trajetória de evolução individual da firma, bem como do setor industrial como um todo.

Observa-se no Brasil que as firmas industriais padecem de um investimento tecnológico limitado, carente de maiores investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), estando extremamente centradas na aquisição de tecnologia incorporada em máquinas e equipamentos. Estimular estratégias tecnológicas mais densas, baseadas em um processo de aceleração nos investimentos em P&D, é uma das condições necessárias para se assegurar o desenvolvimento econômico de longo prazo. Não obstante, é possível questionar a racionalidade econômica dos vários níveis de investimentos tecnológicos. A fim de auxiliar a compreensão dos prováveis benefícios que os diferentes padrões de inovações adotados podem proporcionar às empresas, é interessante obter uma melhor noção do impacto em nível da firma das diversas formas de inovação tecnológica.

Embora haja uma vasta literatura empírica preocupada com a relação entre inovações tecnológicas e desempenho das firmas, os resultados ainda não forneceram respostas precisas sobre esse tema. Sem embargo, tais respostas são, em muitos casos, contraditórias, a depender das medidas de desempenho em questão ou de determinadas características das empresas consideradas.

Benavente e Lauterbach (2006), utilizando o modelo Jaumandreu (2003), encontraram uma relação positiva e significativa entre inovações de produto e demanda por emprego para as empresas chilenas. Huergo e Jaumandreu (2003) verificaram que as espanholas inovadoras em processo experimentaram maior crescimento da produtividade total dos fatores. Kemp (2003) não observou diferenças significativas entre o lucro das firmas inovadoras e não inovadoras na Alemanha. Além disso, o autor sugere que somente as diferenças setoriais explicavam os diferenciais de produtividade entre inovadoras e não inovadoras. Dentre 228 pequenas empresas inglesas da região de *West Midlands*, Freel (2000) mostrou que as empresas inovadoras obtiveram melhor desempenho (mensurado em crescimento de vendas, emprego e lucratividade) nas categorias superiores de crescimento. Por fim, em um artigo seminal com o sugestivo título de “*Do innovating firms outperform non-innovators?*” Geroski e Machin (1992) testaram a relação entre atividades inovativas e lucratividade das firmas, encontrando diferenças positivas e significativas entre as margens de lucro das empresas inovadoras e não inovadoras. No Brasil, Goedhuys (2007) mostrou que as atividades inovativas têm relação positiva com o crescimento da PTF, especialmente no longo prazo enquanto que De Negri, Freitas e Esteves (2007) evidenciaram que o fato de uma firma investir em P&D influi também seu nível de investimento em capital físico, o que guarda relação com o crescimento da firma no longo prazo.

Diante desses inúmeros resultados, é possível notar a dificuldade de se obter respostas contundentes sobre os impactos das atividades inovativas sobre o desempenho das firmas. Lembrando que a direção e magnitude dos impactos das inovações podem variar também de acordo com período em análise. Sem a pretensão de apresentar respostas definitivas, este trabalho pretende contribuir para o enriquecimento dessa discussão. Deste modo, a pergunta que motiva este trabalho é: **as empresas brasileiras que inovam apresentam um desempenho econômico melhor que as não inovadoras?** Empregamos seis medidas para o desempenho das firmas, quais sejam: o tamanho, medidos pelo pessoal ocupado, faturamento, produtividade do trabalho, produtividade do capital, *market share* e *markup*. Para isso são aplicados métodos de *matching* baseados em *propensity score* (PSM), tomando a realização de inovação tecnológica entre 1998-

2000 como variável de tratamento e o período de comparação para as variáveis de impacto é o biênio 2001-2002.

O presente artigo está dividido em seis seções. Além dessa primeira seção introdutória, na segunda seção é apresentado um exercício de estática comparativa dos impactos das inovações sobre o desempenho da firma, em que são derivados os possíveis impactos das inovações de produto e processo. A terceira seção trata dos aspectos metodológicos relacionados às técnicas de estimação, enquanto que a quarta seção apresenta as fontes dos dados e informações sobre a amostra. Na quinta seção são apresentados os resultados econométricos e, por fim, na última seção, são tecidas algumas considerações finais.

2. A estática comparativa dos impactos da inovação sobre o crescimento da firma

Essa seção objetiva apresentar alguns princípios básicos microeconômicos para orientação sobre os resultados esperados dos impactos da atividade inovativa sobre a produção, emprego, margem de lucro e parcela de mercado (*market share*). O pressuposto aqui adotado é de que a atividade inovativa é empreendida com o objetivo de obter lucros. As receitas da inovação de uma firma, além de poderem ser derivadas de licenciamento para aqueles que não desenvolveram nova tecnologia, também podem ser obtidas por meio da incorporação desses avanços tecnológicos em seus próprios produtos, ganhando novos mercados, ou ainda por meio da introdução de novos processos de produção que elevem a produtividade dos fatores de produção, criando vantagens em termos de custos e elevando, conseqüentemente, os lucros.

Inovações de processo

Formalmente, alguns dos impactos de uma inovação em processo sobre o desempenho da firma podem ser obtidos por meio representados de um deslocamento do parâmetro tecnológico A - também conhecido como produtividade total dos fatores ou resíduo de Solow -, significando um aumento simétrico da produtividade marginal de ambos os fatores de produção. Para a análise do conjunto de impactos proposto é interessante a modelagem dos efeitos sobre a indústria, sendo aqui derivado inicialmente um modelo um duopólio de Stackelberg em que as firmas são produtoras de um produto homogêneo. A firma 1, líder, é a firma inovadora, enquanto que a firma 2 é a seguidora, e ao menos nessa rodada do jogo, não promove inovação.¹ Sendo assim, considere um problema de minimização de custos condicionada usual, supondo uma função de produção CES, da seguinte forma:

$$\text{Min } C_i = wL_i + rK_i \quad \text{sujeito a} \quad q_i = A_i \left(\delta L_i^{-\rho} + (1-\delta)K_i^{-\rho} \right)^{-\frac{1}{\rho}}, \quad \text{com } i = 1,2 \quad (1)$$

No problema acima, w é o salário, r é o custo do capital, L é o fator trabalho, K o fator capital, A é o parâmetro (Hicks Neutro) de eficiência, δ é o parâmetro de distribuição, com $0 < \delta < 1$, e ρ é o parâmetro de substituição, com $-1 < \rho < \infty$. Supondo w e r fixos, ou tomados no mercado, mas permitindo que tanto o trabalho, como o capital sejam ajustáveis, tem-se que a razão capital-trabalho é constante e dada por:

$$k_i = \frac{K_i}{L_i} = \left(\frac{(1-\delta)w}{\delta r} \right)^{\frac{1}{1+\rho}} \quad (2)$$

¹ É importante ressaltar que esse exercício teórico a respeito dos impactos das inovações de processo não discute outras hipóteses plausíveis como, por exemplo, outras formas representação de progresso técnico, como poupadores de trabalho ou capital, ou ainda incorporados aos fatores de produção, além de modificações para o modelo considerando economias de escala e/ou escopo.

Conseqüentemente, a demanda de trabalho da firma i , com $i=1,2$, é dada por

$$L_i = \left((1-\delta) \left(\frac{(1-\delta)w}{\delta r} \right)^{\frac{-\rho}{1+\rho}} + \delta \right)^{\frac{1}{\rho}} \frac{q_i}{A_i} = \Psi \frac{q_i}{A_i}. \text{ Admitindo uma curva inversa de demanda dada por}$$

$p = a - b(q_1 + q_2)$, com $a, b > 0$, o problema de maximização de lucros da firma seguidora é então dado por:

$$\text{Max Lucro}_2 = pq_2 - (w + rk_2)\Psi \frac{q_2}{A} \quad (3)$$

A derivação de (3) em relação a q_2 permite obter a função de reação da firma 2, dada por:

$$q_2 = \Gamma - \frac{q_1}{2} \quad (4),$$

com $\Gamma = \frac{a - \frac{(w + k_2 r)\Psi}{A_2}}{2b}$, sendo $\Gamma > 0$ contanto que $a > Cmg_2$.

Conforme é possível observar em (4), a firma seguidora tem sua quantidade ofertada negativamente relacionada á quantidade produzida pela firma líder. A resolução de problema similar para a firma líder, utilizando a expressão (4) para representar q_2 , produz a equação de oferta de q_1 dada por:

$$q_1 = \frac{a}{b} - \Gamma - \left(\frac{(w + k_1 r)\Psi}{bA_1} \right) \quad (5)$$

A partir da estrutura de equações acima, é possível derivar uma série de proposições a respeito dos supostos impactos da inovação de processo.

Proposição 1: *Para a firma líder que realiza a inovação de processo, o impacto do progresso tecnológico neutro sobre a quantidade produzida será positivo.*

Prova: basta derivar (5) em função do progresso tecnológico A_1 e perceber que esta derivada é sempre positiva, isto é:

$$\frac{dq_1}{dA_1} = \frac{(w + k_1 r)\Psi}{bA_1^2} > 0 \quad \blacksquare$$

Proposição 2: *O impacto de inovações de processo sobre o emprego das firmas líderes inovadoras será positivo quando o aumento de produção mais que compensar a redução na demanda por trabalho advinda sob a suposição de produção constante.*

Prova: combinando (5) na equação de demanda de trabalho (4), podemos derivar a equação de demanda de trabalho a fim de obter:

$$\frac{dL_1}{dA_1} = \frac{(w + k_1 r)\Psi^2}{bA_1^3} - \frac{\Psi \left(\frac{a}{b} - \Gamma - \frac{(w + k_1 r)\Psi}{bA_1} \right)}{A_1^2} \quad \blacksquare$$

Corolário 1: *O impacto da inovação de processo será negativo sobre a produção e sobre o emprego da firma seguidora.*

Prova: utilizando (4) e sendo $L_2 = \Psi \frac{q_2}{A_2}$, é direta a observação que o impacto sobre o produto e o emprego na firma seguidora serão ambos negativos. ■

Corolário 2: *Supondo um mercado de tamanho constante, deverá haver um aumento da parcela de mercado da firma inovadora, em contraposição ao declínio da parcela de mercado da firma não inovadora, e esse impacto será maior quanto mais elástica for a demanda.*

Prova: o corolário 2 segue diretamente da proposição 1 e do corolário 1. ■

Sendo suposto nesse modelo uma curva de demanda linear, cuja elasticidade da demanda é dependente da quantidade produzida, é possível que o *mark-up* (dado pela relação entre preço e custo marginal das firmas) também se altere com o advento do progresso técnico. De fato, sendo a curva de custo total das firmas i dada por $C(q_i) = (w + k_i r) \Psi \frac{q_i}{A_i}$, com $i=1,2$ é nítida a observação de que o deslocamento de A_1 deve produzir apenas a redução do custo marginal da firma líder. Já a redução de preço será percebida por ambas as firmas e na mesma medida. Desta forma, temos as seguintes proposições:

Proposição 3: *O mark-up da firma líder aumenta com a inovação de processo, desde que $(a - b\Gamma) > 0$, enquanto o mark-up da firma seguidora sempre cai.*

Prova: basta empregar a fórmula do *mark-up* como a relação de preço (dada pela demanda inversa) e o custo marginal e depois diferenciar com respeito a A_1 . Intuitivamente, ocorre que a queda do preço é função de uma variação de quantidade inferior ao aumento da produção da firma líder em função da reação da firma seguidora, produzindo conseqüentemente, uma elevação da margem de lucro da firma líder e uma redução da margem de lucro bruta da firma seguidora, isto é ²:

$$\frac{dmkup_1}{dA_1} = \frac{(a - b\Gamma)}{2(w + k_1 r) \Psi} > 0 \quad \text{desde que } (a - b\Gamma) > 0$$

$$\frac{dmkup_2}{dA_1} = -\frac{(w + k_1 r) A_2}{2(w + k_2 r) A_1^2} < 0 \quad \blacksquare$$

Inovações de produto

No caso das inovações de produto é conveniente alterar a configuração do modelo adotado anteriormente de forma a incorporar a imperfeita substituição entre os bens produzidos pelas firmas líder e seguidoras utilizando funções de demanda lineares dadas por:

$$p_1 = \alpha_1 - \beta_1 q_1 - \varphi q_2 \quad (6.a)$$

$$p_2 = \alpha_2 - \varphi q_1 - \beta_2 q_2 \quad (6.b)$$

Nas equações acima, os parâmetros α_1 , α_2 , β_1 , β_2 e φ são todos maiores que zero. Por conveniência, suponhamos curvas de custos totais quadráticas dadas por $TC_1 = c \frac{q_1^2}{2}$ e $TC_2 = c \frac{q_2^2}{2}$, em que c é uma constante positiva. Assim, é possível replicar o exercício de maximização de lucro apresentado acima e obter a seguinte função de reação para a firma seguidora:

² Comparando com uma especificação alternativa para o modelo, baseada em uma curva de elasticidade constante para a função de inversa da demanda dada por $p = H(q_1 q_2)^{-1/\eta}$ e função de produção Cobb-Douglas $q_i = A_i L^a K^b$, com $i=1,2$, o único resultado referente ao exercício de estática comparativa que difere entre as duas especificações é aquele para a variável de *mark-up*, caso seja respeitada a condição de retornos decrescentes de escala. Nessa segunda especificação alternativa, o *mark-up* torna-se, obviamente, invariante dada a suposição de elasticidade constante da demanda.

$$q_2 = -\frac{\varphi q_1 - \alpha_2}{c + 2\beta_2} \quad (7)$$

Essa função de reação terá declividade negativa contanto que $\varphi q_1 > \alpha_2$, hipótese bastante plausível considerando um montante razoável de produto e/ou a existência de um parâmetro φ não desprezível. Inserindo esse resultado no problema de maximização de lucros da firma líder é obtida sua quantidade produzida de equilíbrio, dada por:

$$q_1 = \frac{(c + 2\beta_2)\alpha_1 - \varphi\alpha_2}{c^2 - 2\varphi^2 + 2c\beta_2 + 2\beta_1(c + 2\beta_2)} \quad (8)$$

O impacto de uma inovação em produto pode ser representado, a princípio, por um deslocamento positivo de demanda, ou então supondo que a mudança de atributos que reduza a sensibilidade dos preços à quantidade demanda, por meio de uma alteração na declividade da função de demanda ($d\beta_1 < 0$). Apresentadas estas hipóteses, podemos derivar uma série de possíveis impactos advindos das inovações de produto, de maneira análoga às inovações de processo:

Proposição 4: *As inovações de produto têm impacto positivo sobre a produção das firmas líderes.*

Prova: Por hipótese, os impactos das inovações de produtos podem advir tanto de variações nos parâmetros α_i quanto nos β_i . É possível perceber que ambos são positivos sobre a produção, contanto que os denominadores das duas expressões sejam positivos.

$$\begin{aligned} \frac{dq_1}{d\alpha_1} &= \frac{(c + 2\beta_2)}{c^2 - 2\varphi^2 + 2c\beta_2 + 2\beta_1(c + 2\beta_2)} > 0 \\ \frac{dq_1}{d\beta_1} &= -\frac{2(c + 2\beta_2)(\alpha_1(c + 2\beta_2) - \varphi\alpha_2)}{(2\beta_1(c + 2\beta_2) + c^2 + 2c\beta_2 + 2\beta_1 - 2\varphi^2)^2} > 0 \quad \blacksquare \end{aligned}$$

Corolário 3: *As inovações de produto têm impacto positivo sobre o emprego da firma inovadora líder, bem como sua parcela do mercado, o oposto ocorrendo para as firmas seguidoras.*

Prova: considerando as funções de demanda por emprego e de reação da firma seguidora, é direta a inferência de que os efeitos sobre o emprego da firma líder e da produção e emprego na firma seguidora são similares àqueles obtidos para o caso de inovação em processo. Conseqüentemente, supondo um tamanho de mercado constante, verifica-se também de modo semelhante ao caso de inovação em processo um aumento da parcela de mercado da firma líder em detrimento à participação de mercado da firma seguidora. ■

Proposição 5: *O mark-up das firmas líderes aumenta com as inovações de produto, enquanto o mark-up das firmas seguidoras cai.*

Prova: como anteriormente, definindo o *mark-up* como a razão entre o preço e o custo marginal e considerando as particularidades do modelo linear aqui apresentado, é possível derivar alguns resultados sobre o impacto da inovação em produto sobre o *mark-up* das firmas líder e seguidora, sendo os respectivos *mark-up*'s dados pelas seguintes expressões:

$$\begin{aligned} mkup_1 &= \frac{p_1}{Cmg_1} = \frac{\alpha_1 + \frac{\varphi\alpha_2}{c + 2\beta_2} + 2q_1\left(\frac{\varphi^2}{c + 2\beta_2} - \beta_1\right)}{cq_1} \\ mkup_2 &= \frac{p_2}{Cmg_2} = \frac{\alpha_2 - 2\beta_2q_2 - \varphi q_1}{cq_2} \end{aligned}$$

Das expressões acima, é direto observar que $\frac{dmkup_1}{d\alpha_1} = \frac{1}{cq_1}$ e $\frac{dmkup_1}{d\beta_1} = -\frac{2}{c}$. Com isso, o *mark-up*

da firma líder sofrerá um impacto positivo tanto com o aumento de α_1 como com a queda de β_1 . Entretanto, o impacto de um deslocamento de α_1 é dependente do nível de produto, sendo menor quanto maior o nível de produto da firma líder, enquanto que o impacto de β_1 é independente da quantidade produzida. Por outro lado, o *mark-up* da firma seguidora, por ser dependente da firma da quantidade ofertada pela líder, sofrerá um decréscimo com o aumento da quantidade produzida da firma líder, que conforme demonstrado acima deve ocorrer com queda com o aumento de α_1 ou com a queda de β_1 . ■

3. Estratégias de estimação³

O objetivo desse trabalho é analisar se houve um efeito da inovação sobre as diversas medidas de desempenho discutidas anteriormente, como a produtividade do trabalho, a produtividade do capital, o *market share* e o *markup*. Dessa forma, seja $INOV_{it} \in \{0,1\}$ um indicador de que a firma i tenha realizado uma inovação e seja $y_{i,t+s}^1$ a medida de performance da firma no período $t+s$, com $s \geq 0$, seguido da inovação. Também denote por $y_{i,t+s}^0$ a medida de performance caso a firma i não tivesse inovado. O efeito causal da inovação da firma i no período $t+s$ é então definido como $y_{i,t+s}^1 - y_{i,t+s}^0$.

O problema fundamental de inferência causal nesse caso é que $y_{i,t+s}^0$ não é observado para as firmas que inovaram (isto é, para aquelas que observamos $y_{i,t+s}^1$). Portanto, nada poderia ser dito sobre o impacto causal caso sem alguma hipótese sobre qual seria o valor de $y_{i,t+s}^0$. Este valor hipotético é chamado de contrafactual, sendo conduzida aqui uma inferência baseada na comparação de um resultado factual com um resultado contrafactual, o que é convencionalmente denominado na literatura de avaliação de tratamento. Especificamente, será conduzida uma análise de efeito médio do tratamento sobre o tratado (ETT) definida por:

$$ETT = E(y_{i,t+s}^1 - y_{i,t+s}^0 | INOV_{it} = 1) = E(y_{i,t+s}^1 | INOV_{it} = 1) - E(y_{i,t+s}^0 | INOV_{it} = 1) \quad (9)$$

A solução para o problema de não observabilidade de $E(y_{i,t+s}^0 | INOV_{it} = 1)$ é realizada por meio da construção de um grupo de controle, estimando-se uma função do tipo $E(y_{i,t+s}^0 | INOV_{it} = 0)$. O resultado médio do grupo que não inovou identifica o resultado médio contrafactual para o grupo que inovou na ausência da inovação. No entanto, ao considerar a inovação tecnológica uma atividade resultante da escolha da firma, ela não pode ser tratada como um evento aleatório. Dessa forma, estimar os efeitos causais da inovação tecnológica sobre o desempenho das empresas comparando diretamente os grupos tratamento e controle pode produzir resultados viesados. A endogeneidade dessa escolha pode advir do fato da decisão de inovar estar correlacionada às características observáveis e não observáveis das firmas, configurando então um problema de seletividade da amostra. A fim de se corrigir o problema de “*seleção sobre observáveis*” são empregados os métodos de *matching* baseados em *propensity score* (PSM).

O método de PSM permite a correção do viés de seleção amostral quando se emparelha uma empresa inovadora, do grupo de tratamento, com outra empresa não inovadora, do grupo de controle, que sejam semelhantes no que diz respeito às suas características observáveis, o que deve tornar possível a comparação entre seus desempenhos. Sendo assim, definido um conjunto de covariadas x_i composto de características observáveis das empresas, preferencialmente defasado, capaz de fornecer uma predição para a decisão de

³ Essa seção foi redigida com base nos artigos de Dehejia e Wahba (1998), Abadie *et. al.* (2001) e Cameron e Trivedi (2005).

inovação, $p(x_i) = \Pr(INOV_{it} = 1 | x_{i,t-1})$, e havendo uma superposição de subamostras de empresas que inovaram e não inovaram, é possível criar um emparelhamento de firmas que inovaram e não inovaram, condicionadas às suas características observáveis, o chamada grupo de controle, de modo que o resultado de não inovar não determine a participação, permitindo o cálculo do ETT⁴. Para a estimação de $p(x)$ foi utilizado um modelo *logit* sendo selecionado o conjunto x_i como pessoal ocupado (em logaritmo), número médio de anos de estudo, salário médio dos trabalhadores (em logaritmo), produtividade do trabalho (logaritmo no valor bruto da transformação industrial sobre o pessoal ocupado total), produtividade do capital (logaritmo do valor bruto da transformação industrial sobre o estoque de capital), *market share* (o percentual da receita líquida de vendas da firma sobre a receita líquida de vendas total do setor), *markup* (receita líquida de vendas/ custo das operações industriais), atividade exportadora (*dummy* que assume o valor 1 se a empresa exportou em 1996 ou em 1997), origem estrangeira do capital (*dummy* que assume valor 1 se a participação estrangeira na empresa é maior que 50%), variável representativa da inversa da razão de Mills, resultante da equação de seleção de Heckman ($Mills^{-1}$) para um modelo de probabilidade para a sobrevivência da empresa, além das variáveis de controle setoriais (CNAE a dois dígitos).⁵ As variáveis contínuas se referem às médias das características observadas nos dois anos anteriores à realização da inovação, portanto 1996 e 1997, a fim de garantir a não simultaneidade entre os tratamentos e a condição inicial das firmas.⁶ Os resultados desses modelos são apresentados no apêndice.

Denote por p_i a probabilidade predita da firma i ter inovado, estando a mesma no grupo daquelas que efetivamente inovaram ($INOV = 1$), e p_j a probabilidade predita para a firma j no grupo de controle (denotado aqui por $C(x_i)$). A expressão geral para o estimador ETT é dada por:

$$\Delta^M = \sum_{i \in INOV=1} \left(y_i^1 - \sum_{j \in C(x_i)} \omega(i, j) y_j^0 \right) \quad (10)$$

em que $0 < \omega(\cdot) \leq 1$, sendo $\omega(\cdot)$ uma função que designa pesos à j -ésima firma correspondente ao contrafactual da i -ésima firma inovadora de acordo com o algoritmo de “*Matching*”. Nesse trabalho estimamos o ETT por meio de dois métodos:

a) *radius matching*, que define $C(x_i)$ como $C(x_i) = \{p_j | \|p_i - p_j\| < r\}$, sendo r a notação para o raio com $\omega(\cdot) = \mathbf{1}^7$ e;

b) *kernel matching*, em que $\omega(i, j) = \frac{K \left[\frac{p_i - p_j}{h} \right]}{\sum_{i \in C(x_i)} K \left[\frac{p_i - p_j}{h} \right]}$, sendo K um kernel Gaussiano e h a largura

da banda.⁸

⁴ Essa é a chamada condição de independência da participação no tratamento e o resultado para o grupo não tratado, isto é, $y^0 \perp \text{Inov} | x_i$. O método PSM se baseia nessa suposição.

⁵ A variável de estoque de capital foi construída a partir da metodologia do inventário perpetuo, usando dados da PIA. Para maiores detalhes sobre essa metodologia, vide Araújo, Messa e Alves (2007). O modelo de sobrevivência no painel é tal como descrito em De Negri, Freitas e Esteves (2007).

⁶ De acordo com Ashenfelter (1978) e Ashenfelter e Card (1985) *apud* Dehejia e Wahba (1998), a utilização de mais de um ano anteriormente ao tratamento é determinante para aprimorar a estimação do efeito tratamento.

⁷ O *radius matching* assume que os pesos das observações são fixos, o que impossibilita a utilização da ponderação da amostra na estimação do efeito médio do tratamento sobre o tratado. Neste trabalho a medida da distância (ou o raio) para a vizinhança foi de 0,01, que representa o valor da diferença máxima permitida entre os *propensity scores* dos indivíduos tratados e não tratados.

Os métodos PSM são úteis no caso da hipótese de seleção sobre observáveis. Entretanto, possivelmente a decisão de inovar deve ser função de heterogeneidades individuais das firmas de forma que fatores não observáveis devem determinar parcialmente os resultados, bem como a decisão de inovação. Supondo que esses fatores não observáveis são invariantes no tempo, é interessante combinar o estimador de *matching* com a metodologia de diferenças em diferenças (DID), eliminando-se, conseqüentemente, as diferenças nas medidas de performance das firmas entre firmas inovadoras e não inovadoras provenientes de fatores não observáveis que o estimador de *matching* pode falhar em eliminar. Definindo Δy_i^1 como $\Delta y_i^1 = y_{i,t+s}^1 - y_{i,t-1}^1$ e Δy_i^0 como $\Delta y_i^0 = y_{i,t+s}^0 - y_{i,t-1}^0$, o estimador de *matching* de diferenças em diferenças é expresso da seguinte forma:

$$\Delta^{M,DID} = \sum_{i \in INOV=1} \left(\Delta y_i^1 - \sum_{j \in C(x_i)} \omega(i, j) \Delta y_j^0 \right) \quad (11)$$

Por fim, vale mencionar três aspectos com respeito às opções de estimação no exercício de *matching* aqui conduzido. A estimação seguiu um *matching* com reposição e utilizou um *matching* para cada firma inovadora, privilegiando a redução no viés do estimador em detrimento da redução de variância. Também foram conduzidos testes acerca da validade da condição de balanceamento, isto é, testamos e verificamos não haver diferenças entre a distribuição das covariadas das firmas inovadoras frente às não-inovadoras pertencentes ao grupo de controle, a partir de um teste t de diferenças de médias. A imposição do suporte comum pode melhorar a qualidade do *matching*. Essa restrição implica que o teste de propriedade do balanceamento foi aplicado apenas às firmas cujos *propensity scores* pertenciam à intersecção dos conjuntos de *propensity scores* dos grupos de inovadores e controle, de forma que foi usado o suporte comum nas estimações aqui apresentadas.

4. Fontes de dados e características da amostra

As informações utilizadas para a realização dos testes empíricos foram extraídas de cinco bases de dados distintas. São elas: PINTEC (Pesquisa Industrial de Inovação tecnológica - IBGE), PIA (Pesquisa Industrial Anual - IBGE), SECEX (Secretaria de Comércio Exterior), do Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio; RAIS (Relação de Anual de Informações Sociais), do Ministério do Trabalho e Emprego, e o Censo de Capitais Estrangeiros (CCE) realizado pelo Banco Central (BACEN). A integração dessas bases de dados a partir do CNPJ de identificação das empresas permite a construção das amostras aqui analisadas.

A estratégia desenvolvida para o desenho da amostra teve como base de dados principal a Pintec de 2000. O período compreendido pela pesquisa, de 1998 a 2000, denotado como período t , determina o momento da inovação que pode ter ocorrido em qualquer um desses três anos. A partir do CNPJ das empresas que estão presentes na Pintec 2000, selecionamos as empresas também presentes nas pesquisas da PIA, RAIS e Secex para os anos de 1996-1997 e 2001-2002. Definem-se, portanto dois outros períodos: o pré-inovação, $t-1$, que compreende os anos de 1996 e 1997 e o pós-inovação, $t+1$, nos anos de 2001 e 2002.

Um aspecto importante a ser considerado nas estimações é o problema de seleção da amostra. De acordo com o desenho amostral aqui proposto, as empresas analisadas são aquelas que permaneceram no estrato certo da PIA por pelo menos sete anos consecutivos (1996-2002). Isso significa dizer que o fato de algumas empresas saírem da base ao longo do período analisado pode ter três explicações: (i) retração no número de empregados abaixo de 30; (ii) fusão ou aquisição ou (iii) falência. Assim, se a empresa não se encontra na PIA, mas continua presente na RAIS, significa que houve retração do tamanho. É possível

⁸ A ponderação dos indivíduos da função kernel é determinada por um parâmetro de distância h , ou largura (bandwidth) entre a unidade tratada e a não tratada. No entanto, toda a amostra possui alguma ponderação e é usada no *matching*, e não somente aquelas observações pertencentes a essa distância, sendo estabelecida em 0,06.

verificar a ocorrência de fusões por meio da variável de mudança estrutura da PIA. Caso não tenha acontecido nenhuma dessas alternativas, pode-se concluir que a empresa faliu. A fim de corrigir o problema de viés de sobrevivência foi estimado um modelo de probabilidade para a sobrevivência da empresa com base no modelo de correção de viés de Heckman (1979), e introduzida variável representativa da inversa da razão de Mills na equação de *propensity score* conforme discutido anteriormente.⁹

Outro aspecto também considerado na definição do desenho amostral foi a necessidade de se garantir que não houvesse simultaneidade entre o desempenho das firmas da amostra, observados entre 2001-2002 e a realização de inovações tecnológicas entre 2001-2003 (identificadas na Pintec 2003). Em outras palavras, se a empresa presente na amostra tenha inovado entre 1998-2000, também realizou inovação tecnológica em 2001-2003 o seu desempenho nos anos de 2001 e 2002 poderia estar correlacionado com o fato de empresa estarem se preparando para inovar nesse mesmo período. No entanto, tabulações a partir da Pintec 2000 indicam que o ciclo de inovação, que define o tempo de vida útil do principal produto ou processo produtivo da firma até que ele seja substituído, tanto para as inovações em processo como inovações em produto, na maior parte das empresas é superior a três anos. Mais precisamente, a maior parte das empresas declara que a vida útil de seus principais produtos ou processos é de mais de nove anos, o que pode ser interpretado de duas formas: a primeira seria a existência de certa dificuldade das firmas na realização de atividades tecnológicas sucessivas, e a segunda seria que as empresas com ciclos de inovação mais longos poderiam estar se beneficiando dos retornos das inovações por mais tempo. Essas evidências diminuem sobremaneira a possibilidade de simultaneidade entre o desempenho a realização de novas inovações tecnológicas no período avaliado.

A Pintec diferencia as inovações em produto, em processo ou ambos e segundo sua amplitude, isto é, se é uma inovação de produto ou processo ocorre para o mercado ou apenas para a empresa. Com o objetivo de refinar os resultados e captar possíveis diferenças entre esses tipos de atividades, a definição variável de tratamento foi modificada de acordo com a especificação da atividade inovativa. A tabela 1 apresenta definição dessas variáveis e sua representatividade na amostra. Essa tabela demonstra que a utilização de diferentes padrões de inovação como variável de tratamento, faz com que as composições dos grupos de empresas tratadas sofram modificações, dando origem a diferentes sub-amostras. O total de empresas inovadoras, independente do tipo ou amplitude da inovação, é de 5.624 empresas. O grupo controle é o mesmo para todos os tipos de tratamento, sendo formado por 5.473 empresas não inovadoras. Conforme se especifica o tipo e o destino da inovação, a representatividade das empresas inovadoras diminui. É possível perceber que as empresas inovadoras em processo e aquelas que inovam simultaneamente em produto e em processo são mais numerosas que as empresas inovadoras em produto somente. Adicionalmente, nota-se que as inovações para a empresa são preponderantes relativamente às inovações para o mercado.

As variáveis de interesse, ou as variáveis de crescimento da firma analisadas neste trabalho serão, além do pessoal ocupado (pessoal ocupado em 31/12) e do faturamento (receita líquida de vendas), produtividade do trabalho (logaritmo no valor bruto da transformação industrial – *proxy* para o valor agregado - sobre o pessoal ocupado total), produtividade do capital (logaritmo do valor bruto da transformação industrial sobre o estoque de capital), *market share* (percentual da receita líquida de vendas da firma sobre a receita líquida de vendas total do setor), e o *mark-up* (receita líquida de vendas/ custo das operações industriais). As variáveis originárias da PIA foram deflacionadas pelo Índice de Preços por Atacado – Oferta Global (IPA-OG), da Fundação Getulio Vargas (FGV). A vantagem do IPA-OG é a disponibilidade de índices de inflação específicos para os setores Classificação Nacional de Atividades Econômicas (Cnae) a três dígitos.

⁹ A escolha das variáveis explicativas para o modelo de sobrevivência teve como base o trabalho de De Negri, Esteves e Freitas (2007) que usou como variável de identificação da equação de seleção a variável de despesas financeiras (inclusive *factoring*) sobre a receita líquida de vendas da PIA (em logaritmo, separada em 4 categorias de quantis).

A fim de observar a relação existente entre os diferentes tipos de inovação e as variáveis de desempenho das firmas são apresentadas, na tabela 2 abaixo, algumas estatísticas descritivas das variáveis de crescimento por variável de inovação nos períodos 1996-1997 (pré-inovação) e 2001-2002 (pós-inovação).

Inicialmente é possível observar que as empresas não inovadoras apresentaram na média desempenho claramente inferior às empresas inovadoras, independentemente da categoria de inovação. Ao analisarmos o desempenho das firmas de um período para o outro, percebe-se que as empresas não inovadoras tiveram queda nas médias de todas as variáveis de crescimento entre o período pós-inovação e o período pré-inovação. No entanto, este comportamento decrescente também foi observado em algumas categorias de inovação no que diz respeito às variáveis de produtividade do capital, *market share* e *mark-up*. É importante lembrar que nos anos de 2001 e 2002 o país atravessou um período de instabilidade econômica decorrente da crise do setor elétrico e da instabilidade política gerada pela disputa presidencial, o que pode ter refletido nas medidas de desempenho das empresas.

Quadro 2: Definição das variáveis de tratamento

Nome da variável	Descrição	Nº de firmas	% Total (%)	Grupo	% Grupo	Obs.
Inova	Inovadoras	5.624	50,68%	-	-	-
Naoinova	Não Inovadoras	5.473	49,32%	-	-	-
Inovprod	Inovadoras de produto somente	1.060	16,22%	-	-	-
Inovproc	Inovadoras de processo somente	2.125	27,97%	-	-	-
Prodproc	Inovadoras de produto e processo	2.439	30,83%	-	-	-
Inovprodempresa	Inovadoras de produto somente, para a empresa	729	11,76%	Grupo das Inovadoras de produto somente	69%	258 também inovam em produto para empresa
inovprodmercado	Inovadoras de produto somente, para o mercado (inclui inovadoras de produto para a empresa)	330	5,69%		31%	
inovproceempresa	Inovadoras de processo somente, para a empresa	1.864	25,41%	Grupo das Inovadoras de processo somente	88%	211 também inovam em processo para empresa
inovprocmercado	Inovadoras de processo somente, para o mercado (inclui inovadoras de processo para a empresa)	260	4,54%		12%	
prodmerprocmer	Inovadoras de produto e processo e para o mercado (inclui inovadoras de produto/processo para a empresa)	410	6,97%	Grupo das Inovadoras de produto e processo	17%	122 também inovam em produto e processo para empresa
prodmerprocemp	Inovadoras de produto para o mercado e processo para a empresa	412	7%		17%	282 também inovam em produto para empresa
prodempprocmer	Inovadoras de produto para a empresa e processo para o mercado	204	3,61%		8%	127 também inovam em processo para empresa
prodempprocemp	Inovadoras de produto e processo e para a empresa	1.411	20,51%		58%	

Elaboração dos autores a partir da Pintec 2000.

Obs.: Valores calculados com a ponderação da Pintec 2000. "-" Não disponível.

Tabela 1 - Média das variáveis de crescimento nos períodos pré e pós-tratamento por tipo de atividade inovativa

Variável de Interesse	Pessoal Ocupado		Receita Líquida de Vendas (em Mil reais)		Produtividade do trabalho (em reais)		Produtividade do capital		Market Share (em %)		Markup	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Inovadoras	326 (824)	335 (795)	61.800 (268.000)	72.300 (319.000)	63.531 (71.553)	61.513 (72.466)	1,5 (0,983)	1,17 (0,855)	0,923 (3,1)	0,842 (2,93)	0,583 (0,951)	0,507 (0,54)
Não Inovadoras	161,95 (347,17)	153,3 (327)	20.800 (70.700)	20.600 (88.200)	43.058 (48.203)	36.987 (47.501)	1,4 (1,03)	1,00 (0,834)	0,331 (1,16)	0,266 (0,89)	0,513 (0,554)	0,422 (0,497)
Inovadoras em produto	204 (360)	195,8 (321)	43.800 (152.000)	44.900 (787.000)	71.451 (86.093)	62.040 (68.167)	1,62 (0,997)	1,24 (0,921)	0,671 (2,4)	0,507 (1,59)	0,606 (1,52)	0,49 (0,707)
Inovadoras em processo	216 (396)	233 (525)	28.000 (71.000)	32.700 (92.200)	48.211 (55.785)	47.643 (62.019)	1,42 (1,02)	1,11 (0,874)	0,453 (1,33)	0,404 (1,17)	0,544 (0,61)	0,486 (0,51)
Inovadoras em produto e em processo	474 (1.154)	485 (1.066)	99.100 (385.000)	119.000 (458.000)	73.443 (74.514)	73.464 (80.290)	1,5 (0,929)	1,21 (0,804)	1,44 (4,2)	1,37 (4,14)	0,606 (0,868)	0,534 (0,476)
Inovadoras em produto para empresa	179 (313)	172 (273)	37.000 (143.000)	37.500 (199.000)	65.466 (88.456)	53.656 (64.500)	1,61 (1,02)	1,18 (0,909)	0,543 (2,08)	0,389 (1,31)	0,616 (1,8)	0,487 (0,807)
Inovadoras em produto para mercado	259 (442)	246 (403)	57.200 (170.000)	61.100 (155.000)	84.660 (79.318)	80.515 (72.471)	1,67 (932)	1,36 (0,939)	0,952 (2,99)	0,768 (2,06)	0,583 (0,531)	0,498 (0,411)
Inovadoras em processo para empresa	202 (366)	223 (524)	25.200 (68.800)	29.800 (90.000)	43.909 (49.920)	44.375 (60.232)	1,39 (1,02)	1,09 (0,842)	0,375 (1,1)	0,342 (0,984)	0,529 (0,618)	0,478 (0,521)
Inovadoras em processo para mercado	313 (559)	304 (529)	48.000 (832.000)	54.300 (104.000)	78.987 (80.667)	70.994 (69.404)	1,68 (1,03)	1,26 (1,06)	1,01 (2,37)	0,853 (2,01)	0,652 (0,54)	0,54 (0,425)
Produto para mercado e processo para mercado	1.151 (2.126)	1.075 (1.634)	280.000 (760.000)	330.000 (770.000)	106.914 (98.771)	112.595 (96.807)	1,59 (0,979)	1,15 (0,695)	3,84 (7,59)	3,77 (7,69)	0,622 (0,501)	0,611 (0,496)
Produtos para empresa e processo para empresa	269 (618)	294 (696)	43.900 (177.000)	58.600 (354.000)	58.658 (58.986)	58.318 (68.766)	1,45 (0,91)	1,19 (0,814)	0,613 (1,69)	0,566 (1,8)	0,576 (0,791)	0,504 (0,469)
Produto para mercado e processo para empresa	464 (1.002)	482 (1.016)	92.200 (310.000)	110.000 (340.000)	86.721 (76.576)	86.901 (88.241)	1,63 (0,944)	1,32 (0,844)	1,47 (3,5)	1,4 (3,15)	0,692 (1,37)	0,573 (0,492)
Produto para empresa e processo para mercado	317 (815)	324 (765)	59.400 (265.000)	70.200 (30.200.000)	62.839 (71.026)	61.132 (72.568)	1,5 (0,986)	1,18 (0,856)	0,87 (2,93)	0,797 (2,8)	0,581 (0,962)	0,507 (0,544)

Elaboração dos autores a partir de dados da Secex, PIA, Rais e Pintec.

Obs.: Desvios-padrão entre parêntese.

5. Resultados econômétricos

Nessa seção são apresentados os resultados dos ETT's em diferenças em diferenças calculados pelos métodos de *radius matching* e pelo *kernel matching*. Cada um desses métodos foi aplicado às seis diferentes variáveis de interesse, e a análise foi replicada para as diversas categorias de inovação, sendo o grupo de controle constituído pelas empresas não inovadoras.

Na tabela 2 são apresentados os resultados da análise para as três categorias amplas de inovação, quais sejam, inovadoras em geral, inovadoras em processo e inovadoras em produto. Inicialmente, é importante destacar que os dois métodos de *matching* produziram resultados semelhantes, à exceção para variável de inovação em produto. Nesse último caso, enquanto que o método *radius* produziu resultados estatisticamente significativos, o método de *kernel* produziu resultados estatisticamente não significativos. À exceção da variável de pessoal ocupado para as empresas inovadoras em produto, *market-share* para as empresas inovadoras em processo e para a variável de *markup*, para as todas as categorias de inovação as demais variáveis apresentaram diferenças significativas em favor das firmas inovadoras, de um modo geral. Mais especificamente, as firmas inovadoras apresentaram diferenças de crescimento mais significativas, em relação às não inovadoras, para a receita líquida total de vendas e o *market share*. Para as empresas que inovaram em processo o diferencial de desempenho em favor das firmas inovadoras é bastante relevante especialmente em relação ao pessoal ocupado, receita líquida de vendas, produtividade do trabalho. Já para as empresas inovadoras em produto o crescimento de pessoal ocupado não foi expressivo, mas verificou-se também que a receita líquida e as produtividades do trabalho e do capital apresentaram variações sensíveis e positivas em relação às empresas do grupo controle. Do ponto de vista quantitativo, experimentam um crescimento de 10,8 a 12,5% no emprego, 18,1 a 21,7% na receita líquida, 10,8 a 11,9% na produtividade do trabalho, 11,8 a 12,0% na produtividade do capital e 19,9 a 24,3% no *market share* com respeito à média.

Tabela 2 - Avaliação dos impactos da inovação (ETT-DID)
Grupo de controle: empresas não inovadoras

Categoria de Inovação	Método	Pessoal ocupado	Receita líquida de vendas	Produtividade do trabalho	Produtividade do capital	Market share	Markup
Inovadoras	Radius	0,108*** (0,025)	0,181*** (0,027)	0,108*** (0,030)	0,118*** (0,038)	0,199*** (0,068)	-0,001 (0,027)
	Kernel	0,125*** (0,016)	0,217*** (0,021)	0,119*** (0,025)	0,120*** (0,029)	0,243*** (0,044)	0,03 (0,023)
Inovadoras em processo	Radius	0,127*** (0,026)	0,192*** (0,034)	0,110** (0,042)	0,091* (0,049)	0,017 (0,046)	-0,023 (0,034)
	Kernel	0,121*** (0,019)	0,200*** (0,025)	0,076*** (0,029)	0,086** (0,034)	0,048 (0,045)	-0,002 (0,025)
Inovadoras em produto	Radius	0,055 (0,040)	0,194*** (0,051)	0,174*** (0,053)	0,214*** (0,068)	0,083** (0,136)	0,033 (0,052)
	Kernel	0,013 (0,028)	0,019 (0,037)	0,005 (0,037)	0,043 (0,048)	-0,130 (0,090)	0,025 (0,27)

Elaboração dos autores, a partir de dados da Secex, PIA, Rais, CEB e Pintec.

* Significativo a 10%; ** Significativo a 5% *** Significativo a 1%.

Desvios-padrão entre parênteses

A tabela 3 a seguir apresenta a análise de *matching* para as empresas que inovaram somente para processo ou somente para mercado, discriminando assim segundo a amplitude da inovação. É extremamente interessante observar que as empresas que inovaram somente em produto não obtiveram impactos

significativos sobre suas diversas medidas de desempenho, independentemente da amplitude da inovação. Somente quando estimado pelo método de *kernel* a variável de receita líquida de vendas apresentou um impacto estatisticamente significativo e positivo para o subconjunto de empresas inovadoras em produto para o mercado. Já para as empresas inovadoras somente em processo os impactos da inovação foram positivos e significantes a 5% para as variáveis ao pessoal ocupado, receita líquida de vendas, produtividade do trabalho e, ao nível de significância 10%, para a variável de produtividade do capital nas empresas inovadoras somente para a empresa e de acordo com o método de *kernel* para as inovadoras para o mercado. As maiores variações foram observadas em ambos os casos para a variável de receita líquida de vendas, seguida pelas variáveis de produtividade do trabalho e pessoal ocupado.

Tabela 3 - Avaliação dos impactos da inovação em processo ou produto (ETT-DID) Grupo de controle: empresas não inovadoras

Categoria de Inovação	Método	Pessoal ocupado	Receita líquida de vendas	Produtividade do trabalho	Produtividade do capital	Market share	Markup
Inovadoras em produto para a empresa	Radius	0,030 (0,042)	-0,001 (0,059)	0,011 (0,065)	0,031 (0,082)	0,091 (0,175)	-0,006 (0,069)
	Kernel	0,039 (0,030)	0,012 (0,042)	-0,005 (0,043)	0,025 (0,056)	-0,044 (0,094)	-0,028 (0,061)
Inovadoras em produto para mercado	Radius	0,045 (0,055)	0,06 (0,065)	0,002 (0,074)	0,103 (0,093)	0,059 (0,090)	-0,010 (0,067)
	Kernel	0,032 (0,041)	0,112** (0,050)	0,066 (0,058)	0,108 (0,072)	0,078 (0,093)	-0,037 (0,047)
Inovadoras em processo para a empresa	Radius	0,117*** (0,027)	0,187*** (0,035)	0,127*** (0,041)	0,090* (0,049)	0,080 (0,092)	0,024 (0,036)
	Kernel	0,102*** (0,020)	0,214*** (0,026)	0,127*** (0,031)	0,112*** (0,036)	0,048 (0,042)	-0,002 (0,027)
Inovadoras em processo para mercado	Radius	0,156*** (0,061)	0,193** (0,089)	0,135 (0,087)	0,192* (0,109)	0,143 (0,128)	0,076 (0,073)
	Kernel	0,110*** (0,038)	0,160*** (0,054)	0,122*** (0,050)	0,095 (0,065)	0,053 (0,108)	0,027 (0,055)

Elaboração dos autores a partir de dados da Secex, PIA, Rais, CEB e Pintec.

* Significativo a 10%; ** Significativo a 5%, *** Significativo a 1%.

Desvios-padrão entre parênteses.

Por fim, a tabela 4 a seguir apresenta a análise de *matching* para as empresas que inovaram conjuntamente em processo e produto, considerando as diversas combinações para as amplitudes da inovação. Uma primeira observação geral é que nessa tabela, em média, o nível de significância para a rejeição da hipótese nula dos testes para as diferenças é menor que nas tabelas anteriores, sendo significantes aqui os resultados para a variável de *market share* na maior parte das formas de inovação. Sem embargo, o fato de uma firma inovar em produto e processo novo para o mercado amplia o seu *market share* em 79,6% segundo o método Kernel. Como anteriormente, a variável de *markup* não se mostrou afetada pela inovação. Também em conformidade com os resultados anteriores está elevado impacto médio para a variável de receita líquida de vendas. Entretanto, diferentemente do que foi observado até então, a variável de produtividade do capital apresenta diferenças sensíveis com relação ao grupo de controle, demonstrando a principal fonte de variação dessa variável. Ainda assim, o nível de significância com que a hipótese nula é rejeitada varia entre 1% e 10%, sendo a mesma não rejeitada nem a 10% de significância em dois testes. Em seguida, mas sem uma ordenação evidente, estão as variáveis de pessoal ocupado e produtividades do trabalho. Outra observação é de que os impactos inferidos são superiores na média para as empresas que inovam em produto e processo simultaneamente, quando comparada a formas isoladas de inovação, independentemente da amplitude da inovação.

Tabela 4 - Avaliação dos impactos da inovação em processo e produto (ETT-DID)
Grupo de controle: empresas não inovadoras

Categoria de Inovação	Método	Pessoal ocupado	Receita líquida de vendas	Produtividade do trabalho	Produtividade do capital	Market share	Markup
Inovadoras em produto para mercado e processo para mercado	Radius	0,145*** (0,055)	0,275*** (0,066)	0,185*** (0,068)	0,200** (0,089)	0,279 (0,230)	0,076 (0,067)
	Kernel	0,194*** (0,48)	0,324*** (0,059)	0,161** (0,072)	0,140 (0,086)	0,796*** (0,156)	0,039 (0,059)
Inovadoras em produto para empresa e processo para empresa	Radius	0,144*** (0,032)	0,207*** (0,040)	0,124*** (0,046)	0,126** (0,053)	0,139 (0,093)	0,018 (0,046)
	Kernel	0,136*** (0,021)	0,261*** (0,027)	0,167*** (0,031)	0,180*** (0,036)	0,127** (0,058)	0,036 (0,036)
Inovadoras em produto para mercado e processo para empresa	Radius	0,134*** (0,047)	0,299*** (0,060)	0,105* (0,059)	-0,023 (0,069)	0,350*** (0,150)	-0,004 (0,055)
	Kernel	0,159*** (0,037)	0,276*** (0,045)	0,146*** (0,048)	0,150*** (0,058)	0,257*** (0,090)	0,034 (0,048)
Inovadoras em produto para empresa e processo para mercado	Radius	0,130* (0,072)	0,244*** (0,093)	0,193** (0,087)	0,222* (0,114)	0,532* (0,275)	0,070 (0,083)
	Kernel	0,170*** (0,050)	0,277*** (0,059)	0,178*** (0,060)	0,195** (0,077)	0,721*** (0,228)	0,063 (0,058)

Elaboração dos autores e do Ipea, a partir de dados da Secex, PIA, Rais, CEB e Pintec.

* Significativo a 10%; ** Significativo a 5%, *** Significativo a 1%

Desvios-padrão entre parênteses

6. Considerações Finais

Este trabalho teve como principal objetivo estimar os impactos de diferentes formas de inovação sobre o desempenho das firmas industriais brasileiras. Para isso foi aplicada a metodologia de *propensity score matching* (PSM). Os impactos foram estimados para treze formas de inovação definidas segundo o tipo de inovação (processo, produto, processo e produto) e amplitude (apenas para a empresa ou para o mercado), tendo como grupo de controle as empresas não inovadoras.

Antes de concluir sobre os resultados é necessário destacar algumas limitações relativas à aplicação do PSM a este tema. Originalmente, a análise de PSM foi concebida para identificar um efeito causal proveniente de uma intervenção exógena (possivelmente uma política pública) sobre um conjunto de indivíduos. Essa estratégia quando aplicável a dados observados é capaz de replicar a característica de estudos quase-experimentais. Sendo assim, é razoável questionar em que medida é apropriada à aplicação do PSM a um estudo sobre inovação tecnológica. As restrições do método ao tema basicamente encontram-se nas hipóteses de identificação, especificamente àquelas relacionadas à suposição de inexistência de efeitos de equilíbrio geral e à ausência de fatores não observáveis correlacionados simultaneamente com a decisão de inovar e com resultados da inovação.

Sobre a primeira suposição, é importante lembrar que o estudo foi conduzido no nível da indústria em geral, o que mitiga os efeitos de setores industriais com maiores graus de concentração, além de que, por ser uma análise de impactos de curto prazo, muito possivelmente custos de ajustamento e *sunk costs* para as firmas não permitem reações que causem efeitos de primeira e segunda ordem em tão curto espaço de tempo. Com relação à segunda hipótese, o que se espera é que efetivamente esse componente não observável possa ser representado adequadamente como um componente invariante no tempo, a fim de se aplicar a técnica de diferenças em diferenças. Ainda assim, não é possível excluir a possibilidade de que isso venha a prejudicar a designação do grupo de controle por meio de estimação do modelo logit. Sobre esse aspecto é importante

destacar o esforço empenhado na estimação desses modelos, onde se buscou incluir além de variáveis de interesse defasadas, um relevante conjunto de variáveis independentes representantes de características observáveis das empresas.

Admitidas as possíveis restrições metodológicas, é interessante observar que em termos gerais os resultados foram consistentes com as previsões teóricas realizadas pelo modelo simplificado apresentado na seção 2. É importante perceber que a inovação afetou positivamente tanto o desempenho das firmas das firmas industriais, refletindo-se em aumento de pessoal ocupado, da receita líquida de vendas, produtividade em alguns casos em aumento de *market share* nos dois anos posteriores a inovação, sendo os impactos observados mais robustos para a variável de receita líquida de vendas. Por outro lado, não foi possível captar impactos significativos da inovação sobre a lucratividade das firmas, levando à inferência de que as inovações tecnológicas podem gerar aumento do lucro corporativo via elevação de receita, porém mantendo o lucro marginal constante.

Mais especificamente, os resultados demonstraram comparativamente que inovações isoladas em processo tendem a produzir um impacto mais amplo em termos de indicadores de desempenho do que as inovações somente em produto. Essa constatação é importante e demonstra que, embora seja uma estratégia limitada tecnologicamente, em termos individuais para firma ela é rentável, tornando possível uma melhor racionalização para sua adoção. Esses resultados ajudam a compreender as informações contidas na PINTEC no que diz respeito ao alto grau de inovações baseadas em Aquisição de Máquinas e Equipamentos, que se constitui na grande massa de inovação da indústria nacional.

No entanto, os resultados aqui apresentados também evidenciam que estratégias tecnológicas mais densas, que envolvem a incorporação, ou desenvolvimento, de novos processos aliados a introdução de novos produtos definitivamente são aqueles com impactos mais amplos, traduzindo-se em aumentos mais efetivos de participação de mercado, o que deve impactar mais fortemente sobre o desenvolvimento ao longo prazo da firma.

A implicação disso para formulação de políticas é óbvia. O desenvolvimento de uma estrutura industrial robusta passa pelo seu aumento de competitividade via inovação tecnológica. Esse aumento de competitividade, conforme se demonstrou aqui, se dá em vários níveis, porém aqueles que prenunciam um futuro mais auspicioso para as trajetórias das firmas são aqueles baseados em estratégias tecnológicas mais densas, possivelmente, baseados em investimentos mais pronunciados em P&D. A tradução desse impacto microeconômico para o nível macroeconômico é direta, conforme demonstrado pelas diversas linhas teóricas e seus modelos de crescimento, o que sugere que esforços devam ser empreendidos na ampliação da consciência empresarial, do fortalecimento do sistema de incentivos à inovação tecnológica e o próprio sistema de inovação nacional.

7. Referências Bibliográficas

ABADIE, A., DRUKKER, D., HERR, J. L., IMBENS, G. W. Implementing matching estimators for average treatment effects in Stata. *The Stata Journal*, n. 1. 2001.

BENAVENTE, J. M. e LAUTERBACH, R. Technological innovation and employment: complements or substitutes? *Serie Documentos de Trabajo n. 221*, Universidad de Chile, 2006.

CAMERON, A. C. e TRIVEDI, P. K. *Microeconometrics: methods and applications*. Cambridge University Press, NY, USA, 2005.

CREPON, B., DUGUET, E., MAIRESSE, J. Research, innovation, and productivity: An econometric analysis at the firm level. *NBER Working Paper n. 6696*. 1998

DE NEGRI, J., ESTEVES, L. e FREITAS, F. Knowledge production and firm growth in Brazil. *Micro Evidence on Innovation in Developing Economies Conference*, Maastricht, 2007.

DEHEJIA, R.H. e WAHBA, S. Propensity score matching methods for non-experimental studies causal studies. *NBER Working Paper Series*, n. 6829. Cambridge, 1998.

FREEL, M.S. Do *Small Innovating firms outperform non-innovators?* *Small Business Economics* vol 14 (3), pp. 195-210, 2000.

GEROSKY, P. e MACHIN, S. *Do innovating firms outperform non-innovators?* *Business Strategy Review*, vol 3 (2), pp. 79-90, 1992.

GOEDHUYS, M. The impact of innovation activities on productivity and firm growth: evidence from Brazil. *UNU – MERIT Working paper series*, n.2007-2. Maastrich, 2007.

HUERGO, E. e JAUMANDREU, J. Firm's age, processes innovation and productivity growth. *Mimeo*, Madrid, 2003.

JAUMANDREU, J. Does innovation spur employment. A firm-level analysis using Spanish CIS data. *Mimeo*, Madrid, 2003.

KEMP, R., FOLKERINGA, M., JONG, J., WUBBEN, E. Innovation and firm performance: Differences between small and medium-sized firms. *Mimeo*, 2003

Apêndice

Resultados dos modelos *logit* para a probabilidade da firma ser tratada - variáveis de atividade inovativa: média 1996-1997 (t-1)

Covariadas t-1 / Variáveis dependentes	Inova	inovproc	inovprod	inovprod mercado	inovprod empresa	Inovproc mercado	Inovproc empresa	Inovproc mercado	Inovproc empresa	Prodmer procmer	Prodmer procemp	Prodemp procmer
Pessoal Ocupado (log)	0,204*** (0,063)	0,12 (0,079)	0,151 (0,111)	0,314* (0,161)	0,087 (0,127)	-0,004 (0,157)	0,142* (0,084)	0,851*** (0,156)	0,182** (0,090)	0,449*** (0,148)	0,279 (0,244)	
Anos de estudo (log)	0,468* (0,170)	0,113 (0,194)	0,911*** (0,306)	2,02*** (0,487)	0,423 (0,326)	0,149 (0,453)	0,068 (0,202)	1,48*** (0,390)	0,782* (0,255)	1,13*** (0,412)	0,813* (0,418)	
Produtividade do trabalho (log)	0,271*** (0,072)	0,077 (0,075)	0,240** (0,103)	0,469** (0,184)	0,177 (0,112)	0,575*** (0,173)	0,032 (0,078)	0,616*** (0,141)	0,356** (0,141)	0,821*** (0,160)	0,358 (0,243)	
Produtividade do capital (log)	0,126* (0,075)	0,004 (0,079)	0,020 (0,111)	0,068 (0,210)	-0,006 (0,122)	0,402** (0,171)	-0,040 (0,082)	0,160 (0,205)	-0,250** (0,114)	-0,036 (0,161)	-0,021 (0,204)	
Market Share	0,040* (0,020)	-0,013 (0,026)	0,002 (0,025)	-0,012 (0,030)	0,029 (0,032)	0,038 (0,038)	-0,043 (0,032)	0,041 (0,030)	0,005 (0,027)	0,034 (0,031)	0,088*** (0,032)	
Markup	0,026 (0,049)	-0,028 (0,097)	-0,018 (0,078)	-0,306 (0,281)	0,025 (0,075)	-0,309 (0,250)	0,068 (0,101)	-0,037 (0,231)	0,098 (0,098)	0,054 (0,074)	0,041 (0,193)	
Atividade exportadora (dummy)	0,206** (0,089)	0,095 (0,112)	0,402** (0,158)	0,964*** (0,282)	0,231 (0,183)	0,632*** (0,243)	0,018 (0,120)	0,513* (0,281)	0,07 (0,131)	0,602*** (0,226)	0,657** (0,330)	
Origem estrangeira do capital (dummy)	-0,071 (0,146)	0,122 (0,185)	-0,274 (0,244)	-0,178 (0,304)	-0,485 (0,310)	0,226 (0,308)	-0,010 (0,204)	0,124 (0,263)	-0,457** (0,209)	-0,477* (0,273)	0,013 (0,318)	
(Mills) ⁻¹	-0,534* (0,285)	-0,900** (0,349)	0,285 (0,454)	1,09 (0,717)	0,138 (0,528)	-1,97*** (0,686)	-0,793** (0,369)	-1,50 (0,979)	-0,641 (0,493)	-0,408 (0,609)	-1,26 (1,06)	
Constante	-4,44*** (0,890)	-2,13 ** (0,965)	6,94*** (1,39)	-14,65 *** (2,11)	-5,11*** (1,49)	-8,94*** (1,81)	-1,82 * (1,013)	-16,95*** (1,98)	-6,85*** (1,62)	-16,27*** (1,97)	-9,08*** (2,83)	
Pscore médio	0,568 (0,156)	0,319 (0,092)	0,214 (0,162)	0,105 (0,125)	0,159 (0,121)	0,082 (0,078)	0,279 (0,086)	0,151 (0,215)	0,270 (0,138)	0,143 (0,162)	0,129 (0,169)	
Observações	5.002	3.112	2.485	2.132	2.316	2.247	2.964	2.344	2.824	2.279	2.230	
Pseudo R ²	0,0742	0,0285	0,136	0,222	0,105	0,121	0,027	0,417	0,073	0,24	0,169	
Log - Likelihood	-3209,3	-1791,62	-968,225	-380,309	-765,011	-365,851	-1634,38	-348,619	-1329,15	-447,616	-287,934	
Tratados	2.908	1.015	382	169	311	148	867	295	732	255	131	
Não tratados	2.103	2.103	2.103	2.103	2.103	2.103	2.103	2.103	2.103	2.103	2.103	
Nº de blocos	7	7	8	8	5	5	5	7	7	5	7	

* Significativo a 10%; ** Significativo a 5%; *** Significativo a 1%. Desvios-padrão entre parênteses.