INOVAÇÃO, P&D E PRODUTIVIDADE NA INDÚSTRIA BRASILEIRA

Fernanda De Negri[1]
Luiz Ricardo Cavalcante[1]
Paulo de Andrade Jacinto[2]

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, tem havido um crescente reconhecimento de que a sustentabilidade do ciclo de crescimento e inclusão que marcou a economia brasileira ao longo da década de 2000 requer a elevação de seus níveis de produtividade. Com efeito, Cavalcante e De Negri (2013) demonstram que algo entre 30% e 50% do crescimento do produto interno bruto (PIB) *per capita* no Brasil pode ser creditado, na última década, ao aumento das taxas de ocupação e participação no mercado de trabalho. Isto explica por que este indicador se descola da produtividade do trabalho quando suas trajetórias são reveladas graficamente e os leva a argumentar que a preservação das maiores taxas de crescimento do PIB *per capita* somente pode ser alcançada se houver crescimento representativo da produtividade do trabalho ao longo dos próximos anos, uma vez que – de acordo com as projeções demográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – não se esperam índices elevados de crescimento das taxas de participação e ocupação no futuro próximo.

Ao lado desse reconhecimento, entretanto, há recorrentes evidências de reduzidos níveis de crescimento da produtividade no Brasil nos últimos anos. De acordo com dados sistematizados por Cavalcante e De Negri (2013), a produtividade do trabalho manteve, nas décadas de 1990 e 2000, trajetória de crescimento estável, porém reduzida. Ainda que os diferentes métodos utilizados para ajustar as séries de pessoal ocupado (PO) possam levar a resultados um pouco diferentes, a ordem de grandeza da taxa de crescimento da produtividade do trabalho medida com base no valor agregado no Brasil é de 1%, ao longo das duas últimas décadas.

A inovação é, indiscutivelmente, um dos principais fatores que explicam o desempenho da produtividade do trabalho e que pode contribuir para sua melhoria no futuro. Dessa forma, a análise da relação entre inovação e produtividade na economia brasileira no período recente pode subsidiar a eventual focalização das políticas em segmentos em que a produtividade é mais sensível aos esforços de inovação nas empresas. Estes esforços envolvem não apenas as atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), mas também aspectos como a aquisição de máquinas e equipamentos, por exemplo.

O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados preliminares de um estudo em elaboração cujo objetivo é analisar a relação entre inovação, investimento em P&D e produtividade na economia brasileira nos anos 2000. Além desta breve introdução, este artigo possui quatro seções. A seção 2 realiza uma descrição da estratégia empírica a ser utilizada. A seção 3, que apresenta os resultados encontrados, inicia-se com as estatísticas descritivas e, na sequência, aborda os resultados gerados pela análise de regressão. Por fim, a seção 4 apresenta as considerações finais.

2 ESTRATÉGIA EMPÍRICA

A estratégia empírica adotada neste estudo usa dois modelos e duas bases de dados distintas. A primeira base de dados é um *cross-section* para 2008, ao passo que a segunda se trata de um painel de dados do período 2000-2008. A seguir, são descritos os modelos utilizados na estimação.

---

1. Técnicos de Planejamento e Pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

2. Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia do Desenvolvimento (PPGE) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) e pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

O primeiro modelo, em *cross section* para 2008, parte da seguinte equação para a produtividade por trabalhador:

$$\ln\left(\frac{Y}{L}\right) = \alpha + \beta \ln\left(\frac{K}{L}\right) + \gamma \ln(L) + \lambda \ln(P\&D/L) + \upsilon_{i,t} \quad (1)$$

Nesse modelo, (Y/L) é a produtividade do trabalho; (K/L), uma medida de capital por trabalhador; L, o pessoal ocupado; e (P&D/L) são gastos em P&D da empresa por trabalhador. Esta equação é estendida com a inclusão de uma variável adicional para captar os investimentos em máquinas e equipamentos, além de *dummies* setoriais e de controle adicionais que consideram o pessoal ocupado (PO) com terceiro grau, se a empresa exporta e a origem do capital.

O segundo modelo explora a estrutura de painel de dados, ao considerar informações sobre inovação e produtividade para dados da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC) do IBGE de 2000, 2003, 2005 e 2008. Trata-se de um painel desbalanceado, uma vez que empresas com menos de quinhentos funcionários não são constantes na amostra da PINTEC e podem não aparecer em todos os quatro anos. Para que a observação seja considerada no modelo, esta deve aparecer no painel em dois momentos do tempo, pelo menos. O modelo estimado parte da seguinte equação para a produtividade do trabalhador:

$$\ln\left(\frac{Y}{L}\right) = \alpha + \beta \ln\left(\frac{K}{L}\right) + \gamma \ln(L) + \lambda \ln(\text{Estoque P\&D}/L) + \upsilon_{i,t} \quad (2)$$

Na equação, (Y/L) é a produtividade do trabalho; (K/L), uma medida de capital por trabalhador; L, o pessoal ocupado; e (estoque P&D/L), o estoque de P&D da empresa por trabalhador. A variável *estoque de P&D da empresa* é apenas a primeira tentativa – dada a incipiente série da PINTEC – de levar em conta não apenas o investimento presente em P&D, mas também o fato de a empresa ter realizado investimentos no passado. A construção desta variável é baseada na soma dos investimentos em P&D realizados ao longo dos quatro anos de PINTEC e sobre a qual se aplica depreciação padrão na literatura. Isto significa que, em 2000 (primeiro ano da PINTEC), o estoque de P&D é exatamente igual ao fluxo de investimento em P&D naquele ano.

Essa equação é estendida com a inclusão de *dummies* setoriais; variáveis de controle adicionais que consideram o PO com terceiro grau, se a empresa exporta e a origem do capital. Estas equações foram estimadas em um modelo em painel com efeitos aleatórios.

Uma novidade nessas estimações em relação à literatura disponível para o Brasil é que esses modelos foram estimados tanto para a indústria como um todo quanto para grupos diferentes de setores de atividade. Dessa forma, agregaram-se os setores de atividade econômica segundo a classificação de intensidade tecnológica utilizada pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e estimaram-se modelos para cada um destes grupos de setores.

Para a estimação dos modelos descritos anteriormente, foram utilizadas informações da PINTEC e da Pesquisa Industrial Anual (PIA) para 2000, 2003, 2005 e 2008 – ambas as pesquisas realizadas pelo IBGE. Também foi empregada a base de dados da Relação Anual de Informação Social (Rais), do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), além das informações públicas oriundas da Secretaria de Comércio Exterior (Secex), do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). O quadro 1 realiza um sumário das variáveis utilizadas na análise de regressão.

QUADRO 1
Quadro-síntese das variáveis utilizadas

Variáveis	Descrição
Produtividade do trabalho	Razão entre valor da transformação industrial (VTI) e pessoal ocupado (PO)
Capital por PO (*k_po*)	Razão entre o estoque de capital e o pessoal ocupado (PO). Utilizou-se o estoque de capital estimado por Alves e Silva (2008)[1]
Investimento em P&D por PO (*ped_po*)	Razão entre o valor do investimento em P&D da empresa no ano e o PO

(Continua)

(Continuação)

Variáveis	Descrição
Pessoal ocupado (*po*)	Pessoal ocupado
Exportação (*dummy_exp*)	Variável binária que assume valor 1 se a empresa é do tipo exportadora e 0, caso contrário
Empresa nacional (*Capital_nacional*)	Variável binária que assume valor 1 se a empresa possui capital nacional e 0, caso contrário
Setor	*Dummies* para setores com base na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE)
Estoque de conhecimento por PO (*est_ped_po*)	Estoque de P&D, estimado com base na série de gastos em P&D da empresa
Máquinas e equipamentos por PO (*me_po*)	Despesa com máquinas e equipamentos por PO

Nota: [1] Os autores deste artigo agradecem a Alexandre Messa Silva pela atualização da estimativa do estoque de capital no tocante às empresas industriais.
Elaboração dos autores.

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Estatísticas descritivas

As estatísticas descritivas indicam a existência de uma relação positiva entre produtividade do trabalho e inovação. Com efeito, conforme revelado na tabela 1 – cujo foco é a indústria de transformação e cuja fonte é a edição da PINTEC referente ao período 2006-2008 –, as empresas que implementaram algum tipo de inovação têm produtividade do trabalho superior à média (R$ 45,50 mil/trabalhador contra R$ 39,03 mil/trabalhador), ao passo que as empresas que não inovaram possuem produtividade inferior à média da indústria de transformação (R$ 34,93 mil/trabalhador).

TABELA 1
Produtividade do trabalho da indústria de transformação (2008)

	Número de empresas	Produtividade do trabalho (VTI/PO) (R$ mil)
Inovação de produto ou de processo	37.808	45,50
Inovação de produto	22.749	46,82
Inovação de processo	31.793	42,86
Apenas inovação de produto	6.015	59,45
Apenas inovação de processo	15.059	43,50
Inovação de produto e de processo	16.734	42,29
Não inovadoras	60.612	34,93
Total – indústria de transformação	**98.420**	**39,03**

Fonte: Dados da PINTEC 2008.
Elaboração dos autores.

A tabela 1 sugere ainda que qualquer tipo de inovação (de produto, de processo ou as diferentes combinações destas modalidades) está associada a maiores níveis de produtividade do trabalho. Em particular, as empresas que implementaram apenas inovações de produto têm níveis de produtividade do trabalho cerca de 30% maiores que a média da indústria de transformação.

Por sua vez, a tabela 2 apresenta a produtividade do trabalho na indústria de transformação. Nota-se que os níveis de produtividade são crescentes à medida que as empresas inovam para os mercados nacional e mundial. Assim, a produtividade das firmas que inovam para o mercado mundial corresponde a mais que o dobro da produtividade média do setor. Até mesmo as empresas que inovam para o mercado nacional já têm níveis de produtividade bastante superiores à média da indústria de transformação (R$ 67,30 mil/trabalhador contra R$ 39,03 mil/trabalhador).

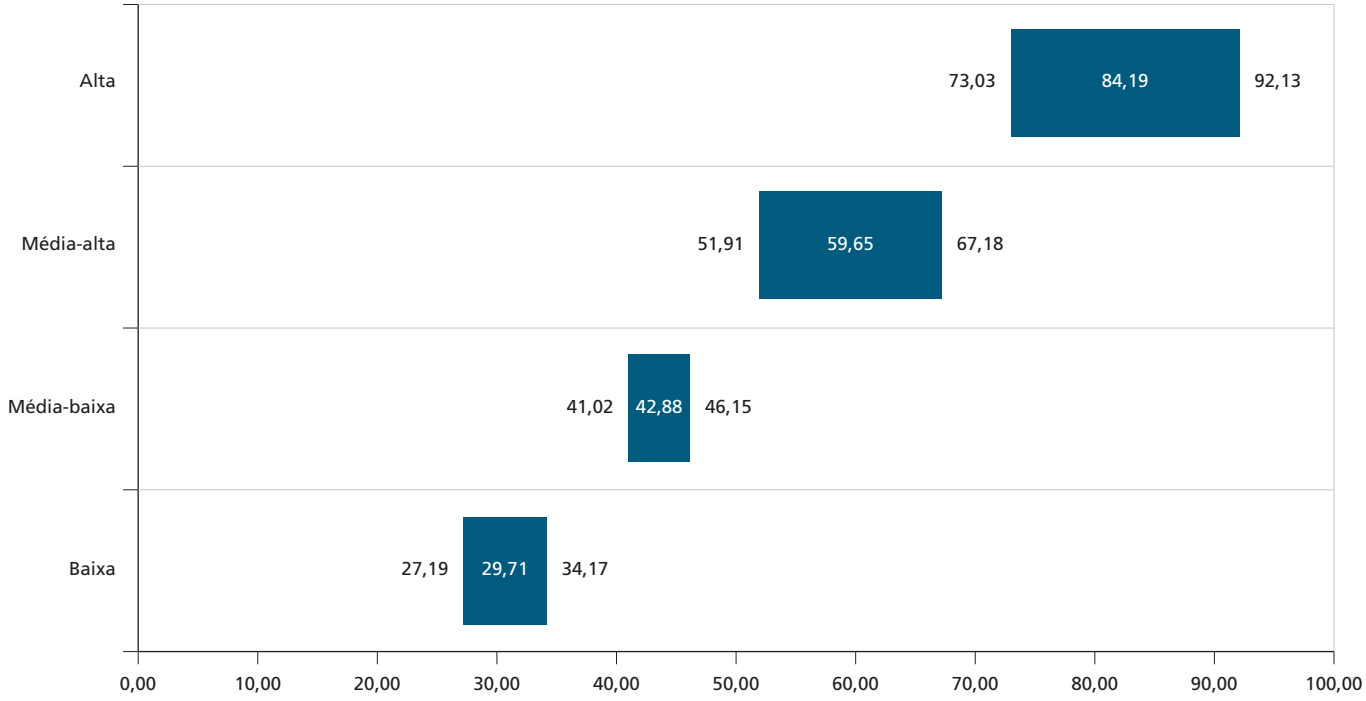
TABELA 2
Produtividade do trabalho da indústria de transformação (2008)

	Número de empresas	Produtividade do trabalho (VTI/PO) (R$ mil)
Inovação (empresa, mercado nacional ou mundial)	37.808	45,50
Inovação para a empresa	35.435	43,91
Inovação para o mercado nacional	4.420	67,30
Inovação para o mercado mundial	309	96,38
Empresas que não implementaram inovação	60.612	34,93

Fonte: Dados da PINTEC 2008.
Elaboração dos autores.

A segmentação das empresas de acordo com sua intensidade tecnológica revela que, em média, os níveis de produtividade são positivamente correlacionados e ascendentes à medida que se passa dos setores de baixa para os setores de alta tecnologia. O gráfico 1 apresenta a produtividade do trabalho da indústria de transformação por intensidade tecnológica. No gráfico, o centro de cada barra indica os valores médios da produtividade para os quatro grupos. À esquerda e à direita das barras, indicam-se os valores médios para as empresas que não inovaram e que inovaram.

GRÁFICO 1
Produtividade do trabalho da indústria de transformação por intensidade tecnológica (2008)
(Em R$ mil)



Fonte: Dados da PINTEC 2008.
Elaboração dos autores.

Conforme se pode observar, a produtividade aumenta à medida que se passa dos setores de baixa para os setores de alta intensidade tecnológica. Além disso, o valor médio da produtividade das empresas que inovaram em cada grupo é sempre inferior ao da produtividade das firmas que não inovaram no grupo imediatamente superior.[3]

3. Os resultados apresentados no gráfico 1 correspondem à média simples da produtividade das empresas em cada grupo. Um cálculo ponderado da produtividade – que resultaria do quociente do VTI e do pessoal ocupado (PO) do conjunto das empresas em cada grupo – leva a valores um pouco menos intuitivos, porque, neste caso, o setor de média-alta exibe resultado supreendentemente alto. Acredita-se que isto seja consequência da inclusão, neste grupo, das empresas de petróleo, que – por sua intensidade em capital – apresentam níveis elevados de VTI, PO e produtividade do trabalho.

3.2 P&D e produtividade: resultados econométricos

A tabela 3 apresenta as estimativas para produtividade do trabalho, ao usar a equação (1) estendida para *cross section* referente a 2008. No modelo geral, estimado para toda a indústria, todos os coeficientes foram positivos e significativos e com os sinais esperados.

No que diz respeito às variáveis de interesse deste trabalho, nota-se que a relação entre gastos em P&D e produtividade foi positiva e significativa no modelo geral e para os setores de baixa, média-alta e alta intensidade tecnológica. Nos setores classificados como de média-baixa intensidade tecnológica, o coeficiente não foi significativo. Uma possível explicação para isto é o fato de que a Petrobras, que é uma das maiores investidoras em P&D na economia brasileira, esteja em um setor (petróleo e combustíveis) classificado como de média-baixa intensidade tecnológica, o que pode distorcer os resultados observados para este grupo.

TABELA 3

Regressão *cross-section* para a produtividade do trabalho nas empresas brasileiras (2008)

		Intensidade tecnológica			
	Geral	Baixa	Media-baixa	Média-alta	Alta
Log do estoque de capital por trabalhador	0,122***	0,181***	0,151***	0,143***	0,0631***
Log do investimento em P&D por trabalhador	0,104***	0,105***	0,031	0,108***	0,211***
Log do número de funcionários	0,055***	0,083**	0,042	0,042	0,00697
Proporção de funcionários com 3º grau completo	7,4e-05***	5,06e-05	7,40e-05**	6,14e-05	0,000288*
Empresa exportadora	0,331***	0,206**	0,345***	0,393***	0,144
Empresa de capital nacional	-0,410***	-0.439***	-0,365***	-0,455***	-0,181
Constante	2,976***	2.191***	2,222***	2,436***	3,606***
Controles setoriais	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	1,517	409	295	614	199
R2	0,419	0,461	0,447	0,448	0,288
Estatística F	36,98	20,93	17,46	44,39	9,622

Fonte: Dados da PINTEC 2008.
Elaboração dos autores.
Notas: * Significativo a 10%.
** Significativo a 5%.
*** Significativo a 1%.
Obs.: todas as variáveis explicativas, com exceção das *dummies* e da proporção de pessoal com terceiro grau, estão em logaritmos.

A magnitude dos coeficientes relativos aos gastos em P&D foi essencialmente a mesma para a regressão geral e os setores de baixa e média-baixa intensidade tecnológica, ao passo que os setores de alta intensidade tecnológica apresentaram coeficiente duas vezes maior para esta variável. Ao mesmo tempo em que a magnitude do impacto do investimento em P&D aumenta nos setores de maior intensidade tecnológica, o contrário acontece com o estoque de capital. Ou seja, nos setores de maior intensidade tecnológica, o impacto do estoque de capital sobre a produtividade é menor que nos setores de menor intensidade tecnológica. Além disso, nos setores de alta intensidade tecnológica, o investimento em P&D tem efeitos maiores sobre a produtividade que o estoque de capital físico.

Além das estimativas para o modelo que utilizam *cross section* para 2008, foram geradas estimativas para a equação (2) estendida, usando-se painel de dados que considera 2000, 2003, 2005 e 2008, anos nos quais a PINTEC estava disponível. Na estimação, em vez do investimento em P&D, utilizou-se a medida de estoque de P&D, baseada na soma do investimento em P&D realizado pela empresa nestes quatro anos.

A tabela 4 apresenta os resultados para painel de dados não balanceado com efeitos aleatórios. Em geral, para a indústria como um todo, observa-se que os coeficientes foram positivos e significativos a 1% de confiança e apresentaram os sinais esperados.

TABELA 4
Painel não balanceado com efeitos aleatórios para a produtividade do trabalho nas empresas brasileiras (2000, 2003, 2005 e 2008)

		Intensidade tecnológica			
	Geral	Baixa	Media-baixa	Média-alta	Alta
Log do estoque de capital por trabalhador	0,076***	0,093***	0,088***	0,077***	0,039***
Log do estoque de P&D por trabalhador	0,063***	0,042***	0,007	0,085***	0,150***
Log do número de funcionários	0,105***	0,072***	0,142***	0,095***	0,129***
Empresa de capital nacional	-0,272***	-0,365***	-0,298***	-0,253***	-0,014
Empresa exportadora	0,287***	0,259***	0,209***	0,306***	0,315***
Proporção de funcionários com 3º grau completo	1,682***	1,952***	2,412***	1,747***	0,685***
Controles setoriais	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constante	2,088***	2,454***	1,603***	2,193***	2,685***
Observações	7,029	2,230	1,432	2,737	630
Número de firmas	4,369	1,480	995	1,657	386

Fonte: dados das PINTECs de 2000, 2003, 2005 e 2008.
Elaboração dos autores.
Notas: * Significativo a 10%.
** Significativo a 5%.
*** Significativo a 1%.
Obs.: todas as variáveis explicativas, com exceção das *dummies* para controle setorial, estão em logaritmos.

O coeficiente estimado para o estoque de P&D é significativo para todos os grupos e ascendente ao se passar de setores de mais baixa para os de mais alta intensidade tecnológica, exceto pelo setor de média-baixa intensidade tecnológica. O estoque de capital, por sua vez, tem seu impacto sobre a produtividade reduzido quando se passa de setores de menor para maior intensidade tecnológica. Além disso, de modo geral, nos setores de maior intensidade tecnológica, existe associação maior entre produtividade e investimento em P&D que entre produtividade e estoque de capital.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou os resultados preliminares de um estudo em elaboração cujo objetivo é analisar a relação entre inovação, investimento em P&D e produtividade na economia brasileira nos anos 2000.

Os principais resultados obtidos até o momento indicam relação positiva entre inovação, P&D e produtividade. Esta relação é percebida nos indicadores de produtividade das empresas, que revelam que firmas inovadoras possuem nível de produtividade cerca de 30% superior ao das não inovadoras. Este diferencial é maior se se levar em conta a abrangência da inovação realizada pela empresa: firmas que produziram inovações para o mercado mundial – ou seja, as que, além de serem inovadoras, são fortemente inseridas nos mercados internacionais – possuem produtividade até três vezes superior à das empresas não inovadoras na indústria.

Essa relação também é percebida na análise econométrica, que considera outras variáveis que afetam a produtividade das empresas, tais como estoque de capital, escolaridade dos funcionários, inserção externa e origem do capital das firmas. Os resultados destes modelos reafirmam a relação positiva entre o investimento em P&D realizado pelas empresas inovadoras e o nível de produtividade das firmas industriais.

Essa relação positiva entre P&D e produtividade é bastante consolidada na literatura. Este trabalho procura avançar, no entanto, em sua estimação para diferentes grupos de setores, segundo intensidade tecnológica e por meio da comparação entre a magnitude dos efeitos do P&D e a do estoque de capital.

Os resultados sugerem que a relação entre P&D e produtividade é tanto maior quanto mais intensivo em tecnologia é o setor. Em outras palavras, em setores nos quais a competição é mais dependente de tecnologia, que são os setores que mais investem em P&D no mundo, os efeitos de P&D sobre a produtividade das empresas são maiores do que em setores tradicionais. Além disso, os resultados também revelam que o contrário acontece com

o estoque de capital – ou seja, o estoque de capital físico tem efeitos maiores sobre a produtividade das empresas nos setores em que o conhecimento não é tão importante, que são os de menor intensidade tecnológica.

Por fim, é importante ressaltar que os resultados expressos nesses modelos captam diferenças no nível da produtividade entre empresas. Ou seja, é possível afirmar que firmas que investem em P&D têm níveis de produtividade superiores às que não investem. Não é possível, no entanto, afirmar se as empresas que investiram nesta área tiveram crescimento da sua produtividade superior ao observado nas firmas que não investiram. As próximas etapas deste trabalho procurarão avançar na investigação desta relação.

REFERÊNCIAS

ALVES, P.; SILVA, A. M. **Estimativa do estoque de capital das empresas industriais brasileiras**. Brasília: Ipea, jan. 2008. (Texto para Discussão, n. 1.325).

CAVALCANTE, L. R.; DE NEGRI, F. **Produtividade no Brasil**: uma análise do período recente. Brasília: Ipea, abr. 2014. (Texto para Discussão, n.1.955).

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

PAKER, A.; GRILICHES, Z. **Patents and R&D at the firm level**: a first kook. Cambridge, MA: NBER, Oct. 1980. (Working Paper, n. 561).

PAKER, A.; GRILICHES, Z. Patents and R&D at the firm level: a first look. *In*: GRILICHES, Z. **R&D, patents, and productivity**. Chicago: University of Chicago Press, 1984.

ORTEGA-ARGILÉS, R.; POTTERS, L.; VIVARELLI, M. R&D and productivity: testing sectoral peculiarities using micro data. **Empirical economics**, v. 41, n. 3, p. 817-839, Dec. 2011.

CONTE, A.; VIVARELLI, M. **One or many knowledge production functions?** Mapping innovative activity using microdata. Bonn: IZA, 2005. (IZA Discussion Papers, n. 1.878).