

Transbordamentos, P&D e Produtividade Total dos Fatores no Brasil: uma avaliação do período 1990-2005

Amanda R. Almeida Silva¹
Eduardo Gonçalves²
Fernando S. Perobelli³

Resumo:

Este trabalho tem por objetivo analisar a relação entre gastos setoriais com P&D, mudança tecnológica e *linkages* intersetoriais por meio de uma abordagem que utiliza a matriz de insumo-produto. Alguns trabalhos empíricos já foram realizados com o intuito de identificar como a transferência de tecnologia ocorre entre os setores da matriz de insumo-produto e de que forma essa transferência contribui para o crescimento e desenvolvimento de tais setores (Wolff e Nadiri 1993, Terleckyj 1980). A intensidade de P&D doméstico total de um setor ou indústria é igual à intensidade de P&D do próprio setor acrescida da intensidade de P&D que está incorporada nos insumos consumidos, ou seja, há uma apropriação indireta do P&D produzido por outro setor (Hauknes e Knell, 2009). Ao usar essa metodologia pretende-se identificar qual a importância da tecnologia e conhecimento incorporados nos insumos para a taxa de crescimento da produtividade total dos fatores nos setores da economia brasileira. Os resultados do presente artigo apontam para a importância dos *transbordamentos* diretos de produtividade entre as indústrias que estão conectadas por suas estruturas de insumo. Essa relação também é válida para os setores de não manufatura. A intensidade de P&D, tanto do próprio setor, como dos setores ofertantes, é também um determinante significativo do crescimento da PTF do setor.

Palavras-chave: Pesquisa e desenvolvimento, insumo-produto e produtividade

Abstract:

This study aims to examine the relationship between sectoral R&D expenditures, technological change and intersectoral linkages through an approach that uses the input-output matrix. Some empirical studies have been conducted with the aim of identifying how technology transfer occurs among the sectors of input-output matrix and how such movement contributes to the growth and development of these industries (Wolff and Nadiri 1993, Terleckyj 1980). The total of R&D intensity of a sector or industry is equal to the R&D intensity of the sector itself increased by the R&D intensity which is embodied in the inputs consumed, ie there is an indirect appropriation of the R&D produced by other industries (Hauknes and Knell, 2009). Using this methodology, the paper seeks to identify the importance of technology and knowledge embodied in inputs for the rate of growth of total factor productivity in sectors of the Brazilian economy. The results of this article point to the importance of direct productivity spillovers between industries that are connected by their input structures. This relationship is also valid for non-manufacturing sectors. The intensity of R&D, both from own sector as supplying industries, it is also a significant determinant of TFP growth in the sector.

Key words: Research and development, input-output, productivity

JEL: R15, O30, O40

Área para submissão: Área 8 – Economia Industrial e da Tecnologia

¹ Mestranda em Economia Aplicada da Faculdade de Economia/UFJF.

² Professor Adjunto da Faculdade de Economia e Mestrado em Economia /UFJF e Pesquisador do CNPq.

³ Professor Adjunto da Faculdade de Economia e Mestrado em Economia/UFJF e Pesquisador do CNPq.

1. INTRODUÇÃO

A contribuição dos gastos de P&D como fonte de crescimento econômico é bem conhecida na literatura. Estimativas de Boskin e Lau (1996) mostram que o crescimento do produto interno bruto (PIB) dos países do G7 no período do pós-guerra situa-se em torno de 10 a 15%. Outra parte da literatura destaca que o retorno social do P&D é de 65%, sendo superior ao retorno privado, cerca de 25% (Sveikauskas, 2007). Todos esses estudos, porém, estão cercados de dificuldades de medida em termos de impactos diretos e indiretos dos gastos de P&D (Griliches, 1998).

A fim de obter estimativas mais confiáveis do efeito total do gasto de P&D sobre variáveis como o PIB e produtividade, há estudos que seguem tradição inaugurada por Schmookler (1966). O autor associou melhorias de desempenho tecnológico numa firma ou setor como derivadas dos gastos de P&D de outras firmas ou setores, além do seu próprio esforço interno de P&D, que estavam incorporados em bens intermediários comprados de setores fornecedores. Segundo Griliches (1998), Scherer (1982) segue a sugestão de Schmookler, empreendendo estudos empíricos dos fluxos de tecnologia interindustriais.

Este trabalho tem por objetivo analisar a relação entre gastos setoriais com P&D, mudança tecnológica e *linkages* intersetoriais por meio de uma abordagem que utiliza a matriz de insumo-produto. Alguns trabalhos empíricos já foram realizados com o intuito de identificar como a transferência de tecnologia ocorre entre os setores da matriz de insumo-produto e de que forma essa transferência contribui para o crescimento e desenvolvimento de tais setores (Wolff e Nadiri 1993, Terleckyj 1980).

A intensidade de P&D doméstico total de um setor ou indústria é igual à intensidade de P&D do próprio setor acrescida da intensidade de P&D que está incorporada nos insumos consumidos, ou seja, há uma apropriação indireta do P&D produzido por outro setor (Hauknes e Knell, 2009). O fato de haver essa aquisição de P&D indireto pelos setores demonstra que esse tipo de investimento gera *transbordamentos* para frente entre setores fornecedores e consumidores. Neste contexto, a matriz de insumo-produto torna-se uma ferramenta bastante útil, pois os fluxos de bens intermediários e bens de capital são importantes fontes de *transbordamentos* de P&D, ao contrário dos produtos finais, já que aqueles beneficiam o primeiro comprador e indiretamente os compradores abaixo dele. Por outro lado, os produtos finais beneficiam apenas seus consumidores. A questão a ser investigada é em que medida esses *transbordamentos* de conhecimento tecnológico influenciam a produtividade do setor por eles afetado, e, em consequência, o desempenho econômico do setor.

Wolff (1997) estima a taxa de crescimento da produtividade total dos fatores de cada setor industrial da matriz de insumo-produto dos Estados Unidos em função de *transbordamentos* diretos e indiretos de P&D e de *transbordamentos* indiretos de produtividade. O objetivo é saber em que grau a tecnologia do setor fornecedor impacta a produtividade do setor comprador. O método utilizado por Wolff (1997) será aqui aplicado para dados de insumo-produto do Brasil.

A utilização de insumo-produto para a análise de impacto, em termos tecnológicos, de setores vendedores e compradores está dentro do contexto e/ou área de pesquisa que busca identificar setores estrategicamente importantes para o desenvolvimento econômico, ou seja, segue a tradição de modelagem de insumo-produto iniciada por Hirschman (1958).

A utilização da matriz de insumo-produto permite fazer um estudo empírico da interdependência produtiva bilateral entre as atividades econômicas. Em outras palavras, por meio da matriz de insumo-produto é possível analisar o efeito

encadeamento produtivo. Além disso, a análise de insumo-produto permite levar em conta os fluxos indiretos entre os setores e regiões e, portanto, verificar os efeitos *feedback* e *de transbordamentos*.

Os encadeamentos produtivos podem ser analisados sob a ótica da compras (capacidade que um determinado setor tem em gerar oportunidades a montante para os demais setores) e sob a ótica das vendas (capacidade de um determinado setor induzir o desenvolvimento potencial dos demais setores da cadeia produtiva que se situam à frente). Importante salientar que tais encadeamentos podem ser analisados em termos de tecnologia como é o caso do presente artigo.

Ao usar essa metodologia pretende-se identificar qual a importância da apropriação de tecnologia e conhecimento incorporados nos insumos para a taxa de crescimento da produtividade total dos fatores nos setores da economia brasileira. A importância da identificação de *transbordamentos* indiretos reside no fato de que, por exemplo, o declínio no crescimento da produtividade em uma indústria pode levar ao declínio do crescimento tecnológico das indústrias associadas, gerando um efeito cascata de mudança tecnológica entre indústrias fornecedoras e as indústrias consumidoras.

Além desta parte introdutória, o artigo apresenta uma revisão da literatura na segunda seção. A seção três discute o banco de dados e a metodologia é formalizada na seção quatro. A quinta seção é composta pelos resultados do artigo e, por último são tecidas as considerações finais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Problemas de apropriação imperfeita do conhecimento tecnológico produzido por uma firma (Arrow, 1962; Geroski, 1995) manifestam-se no fato de o comércio de bens se constituir em um dos principais mecanismos pelos quais os *transbordamentos* de conhecimento são medidos, tanto na perspectiva da firma individual (Nelson e Winter, 2002) quanto na perspectiva espacial (Feldman, 1999). Entretanto, essa forma de difundir o conhecimento produzido por meio da operação de compra e venda não é trivial. Griliches (1979) mostra que há duas noções distintas de *transbordamentos* de P&D que frequentemente são confundidas na literatura. No primeiro caso, insumos intensivos em P&D comprados de outras indústrias por um preço menor que o preço que reflete completamente um melhoramento na qualidade (“*rent spillovers*”) não constituem realmente um caso de *transbordamento* de conhecimento puro, embora haja transferência de produtividade. Os *transbordamentos* de conhecimento estão relacionados com a transferência de idéias e não somente com o processo de compra e venda de insumos.

Griliches (1979) formula um modelo no qual se pondera a contribuição do P&D da *j*-ésima indústria para o estoque de conhecimento “emprestado” pela *i*-ésima indústria, e tal ponderação é proporcional à distância tecnológica relevante entre elas. A proximidade tecnológica das firmas teria um impacto proeminente sobre a absorção dos resultados da atividade de P&D realizada pelas firmas fora do setor.

O aproveitamento de externalidades geradas da produção de conhecimento está presente em interpretações teóricas do desenvolvimento de regiões em que o ambiente industrial propicia a criação de redes entre as empresas, como é o caso do Vale do Silício, na década de 1970 e 1980, discutido no trabalho de Saxenian (1994). A autora afirma que as firmas aprendem umas com as outras graças a fluxos de informações, idéias e de *know-how*. Além disso, quando elas não possuem fronteiras bem definidas a

aquisição de produtos de seus fornecedores gera, em certo grau, aquisição da tecnologia desses fornecedores.

Dessa forma, pode-se dizer que os gastos em P&D realizados por um setor industrial beneficiarão não apenas ele próprio, mas também os setores que compram seus produtos para usá-los como insumos. Logo, uma forma de avaliar a contribuição dos gastos em P&D para o crescimento econômico, colocada por Griliches (1979), é considerar o produto total ou a produtividade total dos fatores (PTF) como uma função dos investimentos em P&D passados. Nesse caso todo crescimento da produtividade é relacionado com todos os gastos com P&D. É possível dizer, então, que a produtividade reflete as invenções redutoras de custo feitas na própria indústria, ou seja, a apropriação privada de inovações de produto dentro da indústria, e o produto social das invenções nas indústrias que produzem seus insumos. Dessa forma, o nível de produtividade atingido por uma firma ou indústria não depende apenas dos seus esforços de pesquisa, mas também do nível total de conhecimento geral acessível a ela.

A estimação de *transbordamentos* de P&D consiste em conectar uma medida de desempenho, tais como crescimento da produtividade total dos fatores, como feito por Griliches (1979), lucratividade, exportações ou patentes de um setor ao conhecimento de P&D acumulado por outros setores (Mohen, 1997). Na literatura internacional há vários trabalhos que buscam evidências empíricas de tais *transbordamentos* e tentam mostrar que as firmas se beneficiam dos esforços de P&D de outras firmas, das quais possuem alguma proximidade tecnológica.

Grossman e Helpman (1991) permitem constatar que o comércio torna viável o emprego de grande variedade de produtos intermediários e equipamentos, cria canais de comunicação que estimulam aprendizado de métodos de produção e design, permite cópia de tecnologias estrangeiras, afetando toda a produtividade de toda economia. Nessa mesma linha de pesquisa, Coe *et al.* (1997) examinam em que extensão os países menos desenvolvidos se beneficiam do P&D realizado pelos países industrializados, relacionando a produtividade total dos fatores dos países em desenvolvimento com o estoque de capital investido em P&D estrangeiro, importação de máquinas e equipamentos e taxa de matrícula na escola secundária. Os autores encontraram que os *transbordamentos* de P&D dos países desenvolvidos para os países menos desenvolvidos são substanciais. Na média, 1% de aumento no estoque de P&D estrangeiro aumenta o produto dos países em desenvolvimento em 0,06%.

Baseados na taxonomia de Pavitt (1984a), Hauknes e Knell (2009) desenvolveram uma medida de fluxo de tecnologia total entre qualquer par de indústrias utilizando dados da matriz insumo-produto de países da OCDE, obtendo uma medida de impacto tecnológico líquido entre os dois setores. Eles identificaram que os setores fornecedores especializados e os intensivos em escala são essenciais para a produção, a difusão e o uso da tecnologia e, por isso, para o crescimento econômico.

Os estudos que analisam a proximidade tecnológica com base na firma usam a abordagem de fluxo de tecnologia, neste caso, os fluxos de P&D de outros setores são ponderados na proporção das compras de insumos intermediários, ou alguma outra medida de proximidade, para obter as estimativas dos *transbordamentos* (Vuori, 1997). A análise de insumo-produto é uma ferramenta útil para modelar os fluxos de conhecimento e a transmissão de rendas econômicas que surgem do P&D. As externalidades se dão por meio da compra e venda de insumos intermediários entre as indústrias (Moreno *et al.*, 2004).

Ao examinar a importância dos fluxos de tecnologia interindustriais nos setores industriais da Finlândia, Vuori (1997) usa dados da matriz de insumo-produto para o período de 1981 a 1993. Ele analisa a importância de várias fontes de tecnologia, como

o próprio investimento do setor e a tecnologia incorporada em bens de capital domésticos e importados. Para isso, constrói índices de fluxo de tecnologia a partir dos dados da matriz. Os resultados encontrados indicam que a indústria finlandesa é ainda muito dependente de tecnologia estrangeira, devido à importância da tecnologia incorporada nos insumos importados.

Wolff & Nadiri (1993) usam dados da matriz de insumo-produto dos Estados Unidos para analisar o efeito dos investimentos em P&D de uma indústria sobre a mudança tecnológica das indústrias que usam seu produto como insumo. A partir de uma regressão simples, eles analisam como os investimentos em P&D da própria indústria e dos seus fornecedores influenciam a produtividade total dos fatores. Os resultados mostraram que o P&D de um setor industrial, incorporado nos insumos intermediários, tem impacto positivo sobre o crescimento da produtividade total dos fatores de outros setores.

De forma semelhante, Wolff (1997) usa as matrizes de insumo-produto dos Estados Unidos de 1958, 1967, 1977 e 1987 para analisar o fluxo de tecnologia de 68 setores. Ele compara os *transbordamentos* de P&D com medidas de *transbordamentos* de produtividade usando as taxas de crescimento da produtividade total dos fatores em outros setores da economia. O autor encontra que tanto *transbordamentos* de P&D como de produtividade determinam a taxa de crescimento da PTF em outros setores da economia. A queda na PTF observada na economia americana é mais bem explicada pelos *transbordamentos* de PTF do que pelos *transbordamentos* de tecnologia diretos.

Uma questão importante apontada por Grilliches (1998) é que grande parte dos investimentos em P&D são aplicados em áreas nas quais sua contribuição direta não pode ser medida, como no caso do setor de serviços, com destaque para a área da saúde. Entretanto, ele admite que, dependendo de onde e como os gastos com P&D são realizados, o nível de conhecimento em qualquer setor ou indústria não é derivado apenas dos seus investimentos em P&D, mas também é afetado pelo conhecimento “emprestado” ou “roubado” de outros setores ou indústrias.

A geração de P&D é um processo de aprendizado que pode ser tanto interno, quando é gerado diretamente das atividades da firma, quanto externo, cujas fontes incluem o conhecimento obtido de outras firmas dentro da indústria, de fornecedores e usuários, ou de novos avanços na tecnologia (Malerba, 1992). Essas fontes externas estão relacionadas ao processo de aprendizado do tipo *learning by using*. Nesses casos, quando a dinâmica de mudança vem de fora da indústria, a função da P&D na firma é essencialmente identificar novas oportunidades e adaptá-las e comercializá-las (Nelson e Winter, 2002).

Apesar de incrementais, os efeitos dos investimentos em P&D e incorporação dos investimentos realizados por outras indústrias por meio da estrutura de insumo-produto são muito importantes para o desenvolvimento industrial e tecnológico de um país. Eles facilitam o processo de modernização e afeta diretamente a taxa de crescimento da produtividade dos fatores. Essa dinâmica é incrementada pela presença de firmas mais dinâmicas tecnologicamente que fazem parte de um sistema mais amplo dentro da atividade inovadora internacional, pois elas compram insumos intermediários e equipamentos de ofertantes nacionais e internacionais e vendem seus produtos para clientes conhecedores de tecnologia.

3. BASES DE DADOS

O objetivo do trabalho é identificar em que medida os *transbordamentos* diretos e indiretos de P&D e os *transbordamentos* indiretos de mudança técnica influenciam a taxa de crescimento da produtividade total dos fatores de cada setor da matriz de

insumo-produto. Os dados utilizados para cálculo das matrizes setor x setor para o Brasil para os anos de 1990, 1995, 2000 e 2005 foram obtidos do sítio do IBGE. É importante salientar que as matrizes para os anos de 1990 e 1995 apresentavam uma abertura setorial para 42 setores produtivos. Já as matrizes de 2000 e 2005 apresentavam uma abertura para 55 setores produtivos.

Em função da disponibilidade de dados de gastos com P&D para os setores industriais brasileiros, foram utilizados os anos 1985, 2000, 2003 e 2005. Os últimos três anos coincidem com as três bases de dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) disponíveis, das quais foi possível obter os dados referentes aos gastos com P&D das indústrias de transformação. A PINTEC constrói indicadores setoriais de esforço inovador e de resultados das atividades de inovação tecnológica das empresas brasileiras. Como *proxy* para os gastos em P&D do ano de 1990, foram utilizados os dados disponíveis em Albuquerque e Macedo (1996), referentes ao Censo de 1985, devido à inexistência de estatísticas de gastos setoriais de P&D para o ano de 1990. Além disso, estatísticas sobre o estoque de capital por setores foram obtidos no sítio do IPEADATA.

Os dados das matrizes foram agregados em função de tornar compatível o número de setores de cada matriz. Outra necessidade compatibilização dos vários tipos de bases de dados surgiu da limitação dos dados de gastos com P&D para o ano de 1990, o que conduziu à necessidade de agregação setorial das quatro matrizes em 29 setores, sendo 19 industriais (manufaturas) e 10 não-industriais (não-manufatura). A tabela com a compatibilização setorial pode ser consultada no ANEXO 1. Todas as variáveis foram deflacionadas para o ano 2000 usando o deflator implícito do PIB.

4. METODOLOGIA

A abordagem utilizada para o cálculo dos *transbordamentos* de P&D e de produtividade, assim como da taxa de crescimento da produtividade total dos fatores foi a mesma utilizada em Wolff (1997). Antes de aplicar o método, entretanto, foi necessário obter as matrizes de insumo-produto do Brasil para os anos de 1990, 1995, 2000 e 2005. A primeira etapa consiste da combinação das informações das tabelas de usos e de produção de forma a obter a matriz de insumo-produto setor x setor (nível 42 e nível 55).

Considere uma economia com uma região que n produtos são produzidos por m setores, onde:

V : matriz de produção de dimensão $n \times m$;

U : matriz de uso de dimensão $m \times n$;

E : vetor de demanda final, por produto, de dimensão $m \times 1$;

Y : vetor de demanda final, por setor, de dimensão $n \times 1$;

Q : vetor de produção total, por produto, de dimensão $m \times 1$;

X : vetor de produção total, por setor, de dimensão $n \times 1$.

Segundo Guilhoto (2004) definem-se primeiro as duas matrizes:

$$A = U(X)^{-1} \quad (1)$$

$$D = VQ^{-1} \quad (2)$$

A letra A representa a matriz de coeficientes técnicos de cada setor em relação a cada produto utilizado como insumo. D determina, por sua vez, a proporção, para cada produto, dos setores que o produzem. Pela definição de D :

$$V = DQ \quad (3)$$

Sabe-se que: $X = Vi$ (4), onde i é um vetor cujos elementos são todos iguais a 1. Substituindo (3) em (4):

$$X = DQi = DQ \quad (5)$$

Pela ótica do produto tem-se que:

$$Q = Ui + E \quad (6)$$

Segundo (1) $U = AX$, então (6) torna-se:

$$Q = AX + E \quad (7)$$

Substituindo X por DQ e após alguns algebrismos é definida a produção total por produto:

$$Q = (I - AD)^{-1}E \quad (8)$$

Como $X = DQ$ e $Q = (I - AD)^{-1}E$:

$$X = D(I - AD)^{-1}E \quad (9)$$

Multiplicando os dois lados por D^{-1} e resolvendo para X obtém-se o enfoque setor x setor:

$$X = (I - AD)^{-1}Y \quad (10)$$

Encontradas as matrizes de insumo-produto para todos os anos procede-se à metodologia de cálculo das variáveis determinantes da taxa de crescimento da produtividade total dos fatores. O modelo é baseado na estrutura de insumo-produto e usa as seguintes variáveis:

X_t = vetor de produto bruto por setor no tempo t .

A_t = matriz quadrada de coeficientes técnicos a_{ij} no tempo t .

L_t = vetor de coeficientes de trabalho l_{ij} no tempo t , mostrando emprego por produto.

K_t = vetor dos coeficientes de estoque de capital k_{ij} no tempo t , mostrando o capital de cada tipo requerido por produto.

Os escalares salário médio anual (w_t) e taxa de lucro média anual sobre o estoque de capital (i_t) são definidos de acordo com Wolff (1985). Como a análise admite preços de equilíbrio competitivo, trabalho e estoque de capital são assumidos homogêneos entre os setores. Logo, uma taxa de salário uniforme w é estabelecida dividindo o total de salários pelo total de emprego. Uma taxa uniforme de lucro é obtida dividindo o total de lucro pelo estoque de capital total. Daí pode-se computar o vetor de preços p :

$$p = (wI + iK)(I - A)^{-1} \quad (11)$$

A taxa de crescimento da produtividade total dos fatores ($PTFCRS_{jT}$), a variável dependente da regressão a ser estimada, é calculada para o período T ($T = t_{n+1} - t_n$) e para cada setor j é dada por:

$$PTFCRS_{jT} = - \frac{(\sum p_{iT} \Delta a_{ijT} + w_T \Delta l_{jT} + i_T \Delta k_{jT})}{p_{jT_0}} \quad (12)$$

Onde Δ se refere à variação no período T , p_{iT} é o preço médio durante o período T , w_T é o salário médio durante o período T , i_T é a taxa de lucro média durante o período T , e p_{jT_0} é o preço do setor j no período inicial (t_0).

A intensidade de P&D é dada pela quantidade de gasto em P&D (PD) feito pelo setor j como proporção do seu produto (PIB), sendo este o valor adicionado:

$$PDPIB_{jt} = \frac{PD_{jt}}{PIB_{jt}} \quad (13)$$

Os *transbordamentos* para frente são estimados com base nos fluxos de comércio entre os setores (Wolff e Nadiri, 1993). Duas abordagens são adotadas.

Na primeira, assume-se que a quantidade de informação de P&D recebida do setor i é proporcional à importância de i na estrutura de insumo de j (magnitude de a_{ij}) e à intensidade de P&D do setor i :

$$PDIND_{jt} = \frac{\sum_i a_{ijt}^0 PD_{it}}{PIB_{jt}} \quad (14)$$

Onde a_{ijt}^0 é elemento da matriz A^0 que por sua vez é a matriz A com a diagonal preenchida por zeros para evitar dupla contagem do gasto de P&D. Para o período T os valores médios de a_{ijt}^0 e $PDPIB_{jt}$ são usados.

Na segunda abordagem, assume-se que a quantidade de P&D que é transferida através dos insumos do setor i para o j é proporcional à quantidade de produto que o setor i vende para o j . Ao invés da matriz de coeficientes técnicos é usada a matriz de coeficientes de vendas, que é definida como:

$$b_{ijt}^0 = a_{ijt}^0 x_j / x_{it} \quad (15)$$

onde o coeficiente b_{ij} mostra a porcentagem de produto do setor i que é vendida para o setor j . Então a medida alternativa de P&D indireto (PDINDA) é dada por:

$$PDINDA_{jt} = \frac{\sum_i b_{ijt}^0 PD_{it}}{PIB_{jt}} \quad (16)$$

A medida de ganho de conhecimento indireto pelo setor j de mudança tecnológica nos setores ofertantes é dada por:

$$PTFIND_{jt} = \sum_i a_{ijt}^0 PTFCRS \quad (17)$$

na qual assume-se que a informação ganha da produtividade total dos fatores do setor i é proporcional à sua importância na estrutura de insumo do setor j .

A medida alternativa é dada por:

$$PTFINDA_{jt} = \sum_i b_{ijt}^0 PTFCRS \quad (18)$$

na qual é assumido que o ganho de conhecimento no setor j do crescimento da PTF do setor i é proporcional à porcentagem de produto do setor i que é vendido para o setor j .

As duas abordagens apresentadas anteriormente diferem nos seguintes termos: na primeira, o P&D realizado pela indústria i é tratado como um bem público para a ampla gama de indústrias, e o benefício (indireto) é o mesmo para cada setor que compra da indústria i . Na segunda abordagem, o P&D é implicitamente tratado como um produto específico do setor. Por isso, um setor que investe em P&D e vende certa porcentagem de seu produto para o setor j irá, em certo sentido, dedicar indiretamente essa mesma porcentagem do seu P&D para melhorar a tecnologia do setor j (Wolff & Nadiri, 1993).

Tomando por base a abordagem da estrutura de insumo-produto e levando em conta que as adições ao estoque de conhecimento do setor j que influenciam a produtividade dos seus fatores são resultado da soma do seu próprio P&D e do P&D incorporado nos produtos de outros setores, foram elaboradas duas especificações para estimar o retorno direto do P&D, assim como os efeitos de *transbordamentos* e mudança tecnológica.

$$PTFCRS_{jT} = b_0 + b_1 PDPIB_{jT} + b_2 PDIND_{jT} + \varepsilon_{jT} \quad (19)$$

$$PTFCRS_{jT} = b_0 + b_1 PDPIB_{jT} + b_2 PTFIND_{jT} + \varepsilon_{jT} \quad (20)$$

onde b_0 , b_1 , b_2 , b_3 e c_k são coeficientes e ε_{jT} é o termo de erro estocástico. Nos dois casos a amostra é um conjunto de dados empilhados (*pooled cross-section*) que

consiste de 29 setores da matriz de insumo-produto do Brasil. Deve-se destacar que não estão sendo considerados a habilidade ou os custos para absorver a mudança tecnológica por parte dos setores que estão adquirindo a mudança técnica incorporada nos insumos. O período de tempo utilizado nas estimações não é anual, mas a passagem de um ano para outro, o que corresponde a três períodos de tempo (1990-2000, 2000-2003 e 2003-2005). Apesar de haver dados disponíveis para gastos em P&D somente para os setores da indústria de transformação e indústria extrativa os outros setores também foram incluídos nas regressões para estimar o P&D indireto que estes setores recebem. Segundo Wolff (1997), o coeficiente b_1 é interpretado como a taxa de retorno do P&D, sob a suposição de que a taxa de retorno média é igual para todos os setores.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. Regressão

Os resultados da regressão *pooled cross-section* são apresentados na tabela 1. A variável dependente é o crescimento da PTF de cada setor j , calculado pela equação (12). Foram estimadas duas especificações, em que a primeira corresponde à equação (19) e a segunda especificação corresponde à equação (20). Nas estimações 4 e 5, são substituídas as variáveis PDIND e PTFIND por suas abordagens alternativas, respectivamente PDINDA e PTFINDA.

A relação entre a intensidade de P&D e o crescimento da produtividade de cada setor é positiva e significativa em todas as especificações, evidenciando a importância dos investimentos em P&D realizados pelo próprio setor para sua produtividade. A elasticidade da PTF com relação à intensidade de P&D varia entre 0,1780 (especificação 2) até 0,3123 (especificação 1). A sensibilidade da PTF à variação da intensidade de P&D é elevada se comparada com estimativas da economia norte-americana do período 1958-87, que se situou em torno de 0,10 a 0,12 (Wolff, 1997), embora a diferença seja menor em comparação com a estimativa média para países da OECD, cerca de 15% (Sakurai *et al.*, 1997).

Na especificação 2 é incluída a variável PDIND, que se refere ao impacto do investimento em P&D realizado pelos setores fornecedores de insumos sobre a produtividade do setor comprador. O efeito dessa variável no crescimento da PTF é positivo e significativo (10%), com coeficiente igual a 0,1361. Nos EUA, o retorno incorporado dos gastos de P&D alcança 43%, contra os quase 14% da economia brasileira. No caso brasileiro, pode-se obter o retorno total ou social sobre o P&D adicionando o retorno indireto 13,61% (coeficiente de PDIND) com o retorno direto 17,8% (coeficiente de PDPIB), o que resulta em 31,41%.

Berstein (1989) observa que no período de 1963 a 1983, a taxa de retorno média dos investimentos em P&D para a indústria canadense foi de 32% e a taxa social de retorno foi em média 58%. Para a indústria japonesa a taxa de retorno sobre o P&D em média tendia a estar por volta de 40% no período de 1976 a 1984 (Goto e Suzuki, 1989). Estimativas de taxa de retorno do P&D incorporado em bens intermediários e bens de capital para países da OECD situam-se em torno de 130% a 190%, nas décadas de 70 e 80 (Sakurai *et al.*, 1997).

As diferenças de coeficientes entre as economias desenvolvidas e a economia brasileira refletem a existência de setores fornecedores que, naqueles casos, são, em média, bem mais intensivos em tecnologia e esforço interno de P&D que os setores fornecedores brasileiros. Países como o Brasil, com problemas históricos de fragilidades e dependência tecnológica nos setores à montante de sua cadeia industrial de insumo-produto, possuem empresas que concentram seu esforço de P&D nas etapas finais do

processo de inovação, quando os produtos precisam de adaptações para sua venda no mercado consumidor. Dessa forma, setores fornecedores de insumos básicos, intensivos em tecnologia e de bens de capital são dominados por multinacionais, que realizam esforço de P&D essencialmente em seu país sede, ou por empresas nacionais, que são caracterizadas, em geral, por frágeis competências internas de P&D.

Na especificação 3 é incluída a variável PTFIND, que se refere ao impacto da mudança técnica nos setores fornecedores. O relacionamento dessa variável com o crescimento da PTF é positivo, com coeficiente de 0,9762, significativo ao nível de 1%. Para interpretar o valor do coeficiente é necessário entender que, a partir da equação (17), a PTFIND é uma média ponderada do crescimento da PTF dos setores ofertantes, em que os pesos são os valores da matriz de coeficientes técnicos, correspondendo à razão do valor total dos insumos intermediários pelo produto total. O valor médio dos coeficientes técnicos é 0,018, calculado como uma média simples dos valores individuais das matrizes A dos quatro anos. Dessa forma, um aumento de um ponto percentual no crescimento da PTF dos setores ofertantes pode estar associada a um aumento de 1,76% (0,018 X 0,9762) no crescimento da PTF do próprio setor. Logo, nota-se que os efeitos de *transbordamento* do progresso técnico são também significativos no Brasil. As estimativas da literatura internacional, com base em Wolff (1997), para a economia norte-americana são da ordem de 1,3, em comparação com o coeficiente de 0,98 da economia brasileira.

Tabela 1: Regressão do crescimento da PTF (PTFCRS)^a em relação à intensidade de P&D, ao P&D incorporado e ao crescimento setorial da PTF incorporada. Período: 1990-2005

Variável independente	Especificação				
	1	2	3	4	5
Constante	0,6834 (0,0000)	0,6208 (0,0000)	-0,2824 (0,0006)	0,3394 (0,1039)	0,0636 (0,5931)
PDPIB	0,3123 (0,0000)	0,1780 (0,0902)	0,3023 (0,0000)	0,2260 (0,0642)	0,3097 (0,0000)
PDIND		0,1361 (0,0879)			
PTFIND			0,9762 (0,0000)		
PDINDA				0,4175 (0,2000)	
PTFINDA					0,6244 (0,0000)
R ²	0,0628	0,1198	0,7294	0,0769	0,6962
R ² ajustado	0,0514	0,0980	0,7228	0,541	0,6887
Erro padrão σ	0,1309	0,1277	0,0708	0,1308	0,0750
Tamanho da amostra	84				

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

^a p-valor é apresentado entre parênteses. É usado na estimação o procedimento White para uma matriz de covariância consistente na presença de heterocedasticidade.

As especificações 4 e 5 mostram os resultados relacionados às formas alternativas de P&D e PTF indiretas. Por isso, são usados PDINDA e PTFINDA nas

estimações. Em nenhuma das especificações a constante foi significativa, na especificação 5 a variável PTFINDA é significativa a 1% e apresenta coeficiente menor do que a PTFIND, mas com resultado próximo (0,97 contra 0,62). Por outro lado, a variável PDINDA não foi estatisticamente significativa. Os resultados sugerem que a força dos *transbordamentos* indiretos de P&D depende da importância relativa do setor ofertante na estrutura de insumos do setor demandante, ao invés da importância da parcela vendida pelo setor ofertante no total de compras de insumos do setor demandante.

5.2. Fontes de variação na produtividade dos setores industriais

Segundo Wolff (1997), uma questão importante é definir, dentre as variáveis independentes utilizadas, quais determinam a variação observada na produtividade dos setores da indústria de transformação. A primeira é a intensidade de P&D (PDPIB) do próprio setor que varia com a quantidade de investimentos em P&D feitos pelo setor no período analisado. A segunda é o P&D incorporado nos insumos (PDIND), que pode mudar devido a variações na intensidade de P&D dos setores fornecedores ou porque as indústrias de um setor mudam sua estrutura de insumos comprando de indústrias mais (ou menos) intensivas em P&D. A terceira possível fonte é a mudança tecnológica incorporada nos insumos (PTFIND), cujo aumento (queda) pode ser devido a um aumento (queda) no crescimento da PTF dos setores ofertantes ou porque as indústrias compraram maior (menor) parte dos seus insumos de indústrias com altas taxas de crescimento da produtividade.

A tabela 2 mostra as tendências das variáveis usadas nas estimações 1, 2 e 3 por meio dos valores médios de cada variável para os períodos de 1990-00, 2000-03 e 2003-05. As médias foram calculadas para os setores da indústria de transformação e os setores que não fazem parte desse tipo de indústria separadamente. Para os setores não-industriais, devido à falta de disponibilidade de dados de gastos com P&D, não foi possível estimar o efeito direto de investimentos em P&D, por isso a média da variável PDPIB (P&D/PIB) é zero, e apenas os efeitos indiretos do P&D serão considerados.

Para os setores industriais, a intensidade de P&D mais que dobra seu valor no período de 1990-2000 a 2000-2003 e praticamente se mantém no próximo período. Com relação ao P&D incorporado nos insumos, há um crescimento durante todo o período para esse tipo de indústria, e o mesmo ocorre para os setores que não são indústria de transformação. A PTF indireta média dos setores de não-manufatura passa de valores negativos para positivos do primeiro período para o segundo, e volta a apresentar resultados negativos no terceiro período. Nos setores industriais, há um crescimento no segundo período, embora no terceiro período haja queda para valores inferiores ao do primeiro período.

Tabela 2: Valores médios do crescimento da PTF, intensidade de P&D, P&D incorporado e crescimento da PTF incorporada por período para setores de manufatura e não manufatura.

	1990-00	2000-03	2003-05
PTFCRS			
Manufatura	0,2758	2,0701	2,3624
Não-manufatura	-0,3896	0,2516	-0,2062
Total ^a	0,1156	0,9629	0,4183
PDPIB			
Manufatura	0,0019	0,0048	0,0047
Não-manufatura	0,0000	0,0000	0,0000
Total	0,0013	0,0032	0,0031
PDIND			
Manufatura	0,0160	0,0466	0,0506
Não-manufatura	0,0097	0,0173	0,0195
Total	0,0138	0,0365	0,0399
PTFIND			
Manufatura	0,4610	0,8889	0,1069
Não-manufatura	-0,2269	0,1770	-0,1600
Total	0,2238	0,6434	0,0148

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo

^a PTF total é definida como uma média ponderada das taxas de crescimento da PTF setoriais, onde o produto bruto por setor é usado como peso.

A variação das variáveis que têm um efeito indireto na PTF de cada setor, PDIND e PTFIND, pode ser decomposta para que os seus comportamentos sejam melhor compreendidos. Essas mudanças podem ser decompostas em dois efeitos: mudança na intensidade de P&D dos setores ofertantes (efeito oferta), e mudança na matriz de coeficientes intersetoriais (efeito *linkage*). A variação no PDIND entre os períodos T_0 e T_1 é dada por:

$$\Delta(\text{PDIND}_j) = \text{PDIND}_{jT_1} - \text{PDIND}_{jT_0} = \sum_i (a_{ij} \text{ médio}) \Delta r_i + \sum_i \Delta a_{ij} (r_i \text{ médio})$$

em que:

$(a_{ij} \text{ médio})$ é o valor médio do coeficiente a_{ij} nos períodos T_0 e T_1 ;

$(r_i \text{ médio})$ é o valor médio da intensidade de P&D nos períodos T_0 e T_1 ;

Δr_i é a mudança na intensidade de P&D entre os períodos T_0 e T_1 ; e

Δa_{ij} é a mudança na matriz a_{ij} entre os períodos T_0 e T_1 .

Da mesma forma, tem-se a variação da PTF incorporada:

$$\Delta(\text{PTFIND}_j) = \text{PTFIND}_{jT_1} - \text{PTFIND}_{jT_0} = \sum_i (a_{ij} \text{ médio}) \Delta \pi_i + \sum_i \Delta a_{ij} (\pi_i \text{ médio})$$

Onde:

$\Delta \pi_i$ é a variação da produtividade total dos fatores do setor i entre os períodos T_0 e T_1 .

Os resultados da decomposição das variáveis em efeitos oferta e *linkage* são mostrados na tabela 3.

Entre 1990-2000 e 2000-2003 o aumento no P&D incorporado usado pela indústria é quase totalmente devido a um aumento no investimento em P&D dos setores fornecedores, apesar de ter havido uma pequena mudança na estrutura de insumo, onde trocaram fornecedores menos intensivos em P&D por mais intensivos em P&D. No período entre 2000-2003 e 2003-2005 o efeito oferta foi negativo e compensou o pequeno efeito linkage positivo, levando a uma variação negativa no P&D indireto. Nos setores não industriais, apesar de ter havido um aumento dos investimentos em P&D por parte dos seus fornecedores, uma mudança na estrutura de insumos em direção a indústrias menos intensivas em P&D não permitiu que a variação positiva no P&D indireto fosse maior. Já no segundo período a situação se reverte e o efeito linkage positivo é o responsável pela variação positiva no P&D indireto.

Tabela 3: Decomposição da mudança na P&D incorporada e crescimento da PTF incorporada em efeitos de oferta e de linkage.

	2000-2003/1990-2000			2003-2005/2000-2003		
	Total	Oferta	Linkage	Total	Oferta	Linkage
ΔPDIND ^a : P&D incorporado nos insumos						
Manufatura	0,0089	0,0087	0,0002	-0,0009	-0,0015	0,0007
Não-manufatura	0,0028	0,0043	-0,0015	0,0008	-0,0002	0,0010
ΔPTFIND ^b : crescimento da PTF incorporada nos insumos						
Manufatura	0,0839	0,0677	0,0162	-0,1019	-0,1022	0,0003
Não-manufatura	0,0236	0,0378	-0,0142	-0,0804	-0,0809	0,0005

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

$$^a \text{ Da equação 8 tem-se: } \Delta(\text{PDIND}_j) = \sum_i a_{ij} \Delta r_i [\text{efeito_oferta}] + \sum_i \Delta a_{ij} \bar{r}_i [\text{efeito_linkage}]$$

$$^b \text{ Da equação 9 tem-se: } \Delta(\text{PTFIND}_j) = \sum_i a_{ij} \Delta \pi_i [\text{efeito_oferta}] + \sum_i \Delta a_{ij} \bar{\pi}_i [\text{efeito_linkage}]$$

O aumento dos investimentos de P&D dos setores fornecedores nos anos 2000 em relação ao início da década de 90 pode refletir as conseqüências do processo de reestruturação econômica da indústria brasileira após a abertura econômica abrupta no início dos anos 90. Em que pesem os efeitos negativos colaterais em termos de perda de emprego e produto industriais ocorridos, o processo de ajustamento compulsório resultou num ambiente mais competitivo a longo prazo, pressionando as empresas a adotarem novos métodos de produção e a buscarem inovações de produto no caso de algumas empresas. De Negri *et al.* (2007) destacam que, atualmente, a economia brasileira possui um número significativo de empresas competitivas, que são capazes de inserirem-se em mercados internacionais de média e alta tecnologia, com notável capacidade interna de inovação tecnológica.

No primeiro período, a variação positiva da PTF incorporada da indústria é positiva. Tanto o efeito oferta como o efeito *linkage* foram positivos. Contudo, grande parte da variação positiva deve-se principalmente ao maior investimento em P&D realizado pelos fornecedores. No período entre 2000-2003 e 2003-2005 este efeito se torna negativo e é normalmente o maior responsável pela variação negativa da PTF incorporada.

A variação positiva na PTF incorporada para os setores de não-manufatura no período entre 1990-2000 e 2000-2003 se deve ao efeito oferta positivo que compensou a troca de fornecedores mais intensivos em P&D para menos intensivos. No entanto, no

próximo período o efeito linkage é praticamente nulo e o efeito oferta se torna negativo, indicando uma queda na PTF dos setores fornecedores, o que leva a uma variação negativa na PTF indireta.

A parte final da análise apresenta a decomposição da mudança no crescimento da PTF em componentes da regressão. As primeiras três colunas da tabela 4 mostram a contribuição de cada variável, definida como o valor do coeficiente multiplicado pelo valor médio da variável, para o crescimento da PTF por período. São feitos os cálculos para as especificações 2 (que inclui PDIND) e 3 (que inclui PTFIND), separados em setores industriais e não industriais.

Para a indústria e de acordo com a especificação 2, em 1990-2000 a contribuição do PDPIB é de 0,0342 pontos percentuais, e aumenta para 0,0858 pontos percentuais em 2000-2003, e praticamente se mantém no mesmo nível no próximo período. O P&D indireto apresenta um aumento de 0,0218 pontos percentuais para 0,0634 pontos percentuais entre 1990-2000 e 2000-2003, e ainda incorre em um pequeno aumento no próximo período. A quarta coluna de dados mostra as fontes da queda no crescimento da PTF da indústria entre esses períodos, computadas como a diferença nas contribuições de cada componente em 2000-2003 e 1990-2000. O aumento no PDIND contribui para que a queda no crescimento da PTF não seja maior. Com essa especificação toda essa queda é explicada pelo resíduo.

Para o setor industrial, entre 2000-2003 e 1990-2000, a PTF cresce de forma significativa e a PDPIB e a PDIND são responsáveis por respectivamente 3% (o percentual da contribuição é o valor da variação da variável sobre a variação da PTF total, $0,0515/1,7944$) e 2,3% ($0,0416/1,7944$) dessa variação positiva. Já entre 2000-2003 e 2003-2005 o crescimento da PTF sofre um arrefecimento e a PDPIB praticamente não tem influência e a PDIND contribui com apenas 1,87%. Para os setores que não correspondem à manufatura a contribuição do P&D indireto para a queda da PTF cai de 1,6% para 0,65%, e com isso grande parte da variação no crescimento da PTF fica explicada pelos resíduos.

Na especificação 3, onde é considerada a mudança técnica incorporada, o P&D produzido pelas indústrias contribui com 5% para o pequeno crescimento apresentado pela PTF no período entre 1990-2000 e 2000-2003. Nesse mesmo período, a mudança técnica incorporada nos insumos é responsável por 23% da variação. Contudo, entre 2000-2003 e 2003-2005 a contribuição da PTFIND cai enquanto que o crescimento da PTF aumenta. Entre 1990-2000 e 2000-2003 o setor de não-manufatura observa uma variação positiva no crescimento da PTF e a mudança técnica incorporada nos insumos contribuíram com 61% dessa variação. No próximo período, quando é observada uma variação negativa da produtividade, a contribuição da PTFIND sobe para 72%.

Tabela 4: Decomposição dos determinantes do crescimento da PTF.

	Contribuição de cada fator para o crescimento da PTF por período ^a			Decomposição da mudança no crescimento da PTF entre os períodos ^b	
	1990-00	2000-03	2003-05	2000-03/1990-00	2003-05/2000-03
Especificação (2) - inclui PDIND					
(A) Indústria					
Constante	0,6208	0,6208	0,6208	0,0000	0,0000
PDPIB	0,0342	0,0858	0,0839	0,0515	-0,0019
PDIND	0,0218	0,0634	0,0688	0,0416	0,0055
RESÍDUO	-0,4011	1,3002	1,5888	1,7012	0,2887
PTFCRS	0,2758	2,0701	2,3624	1,7944	0,2923
(B) Não-indústria					
Constante	0,6208	0,6208	0,6208	0,0000	0,0000
PDPIB	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
PDIND	0,0132	0,0236	0,0266	0,0103	0,0030
RESÍDUO	-1,0236	-0,3928	-0,8536	0,6309	-0,4608
PTFCRS	-0,3896	0,2516	-0,2062	0,6412	0,4578
Especificação (3) - inclui PTFIND					
(A) Indústria					
Constante	-0,2824	-0,2824	-0,2824	0,0000	0,0000
PDPIB	0,0582	0,1457	0,1425	0,0875	-0,0032
PTFIND	0,4501	0,8678	0,1043	0,4177	-0,7634
RESÍDUO	0,0499	1,3391	2,3980	1,2892	1,0589
PTFCRS	0,2758	2,0701	2,3624	1,7944	0,2923
(B) Não-indústria					
Constante	-0,2824	-0,2824	-0,2824	0,0000	0,0000
PDPIB	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
PTFIND	-0,2215	0,1728	-0,1562	0,3943	-0,3290
RESÍDUO	0,1143	0,3612	0,2324	0,2469	-0,1288
PTFCRS	-0,3896	0,2516	-0,2062	0,6412	-0,4578

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo.

^a Definida como o valor do coeficiente da regressão multiplicado pelo valor médio da variável no período. Os coeficientes considerados são os das especificações (2) e (3) da tabela 1.

^b Definida como a diferença entre o valor do coeficiente multiplicado pelo valor médio da variável no segundo período e o valor do coeficiente multiplicado pelo valor médio da variável no primeiro período.

A importância da mudança técnica para o crescimento da PTF na economia brasileira foi verificada por Constantin et al.(2007), que avaliaram o nível PTF entre 1970 e 1999, utilizando-se o índice de *Malmquist*, que pode ser decomposto em dois componentes: as medidas de variação tecnológica e técnica. Os autores observaram que parte do efeito de crescimento da PTF no Brasil se deve à inovação e/ou ao progresso tecnológico.

Garcia (2003) aplica o modelo de fronteira estocástica de produção para as indústrias de transformação e da construção civil, assim como para o comércio e os serviços no Brasil, de forma a identificar as fontes de crescimento dos principais setores de atividade da economia brasileira. Garcia relaciona os diferenciais de base

tecnológica, a eficiência técnica e o progresso técnico com a escolaridade média da mão-de-obra e os gastos em P&D das firmas representativas, e observa que as divisões de atividade que investem em tecnologia e, principalmente, as que empregam mão-de-obra com maior qualificação são as que obtêm maior valor adicionado por trabalhador. Os gastos em P&D influenciam de forma significativa o grau de eficiência técnica das firmas representativas e o ritmo de progresso técnico.

6. CONCLUSÕES

O crescimento da produtividade total dos fatores dos setores industriais é significativamente relacionado com o desempenho da PTF dos setores fornecedores de insumos. Essa relação também é válida para os setores de não-manufatura. A intensidade de P&D, tanto do próprio setor como dos setores ofertantes, é também um determinante significativo do crescimento da PTF do setor.

Na análise das fontes de mudança no crescimento da PTF na indústria entre 1990 e 2005, mudanças nos *transbordamentos* de conhecimento indiretos são significativos. Entre 2000-2003 e 2003-2005, a variação do P&D incorporado nos insumos responde por quase 2% do aumento no crescimento da PTF da indústria e, entre 1990-2000 e 2000-2003, contribuiu com 3%. De acordo com os resultados, a mudança técnica incorporada nos insumos também é importante para explicar os movimentos no crescimento da PTF na indústria e nos setores não industriais, chegando a contribuir para 23% da variação.

Outro resultado encontrado é que o aumento nos *transbordamentos* de produtividade na indústria entre 1990-2000 e 2000-2003 é devido principalmente ao aumento no crescimento da PTF dos setores ofertantes, ao passo que mudanças na estrutura de *linkage* tiveram um impacto menor. Da mesma forma, a queda nos *transbordamentos* de produtividade entre 2000-2003 e 2003-2005 resulta da queda do crescimento da PTF dos setores ofertantes.

O efeito oferta também prevaleceu na variação positiva do P&D incorporado nos setores industriais entre 1990-2000 e 2000-2003. O mesmo ocorre entre 2000-2003 e 2003-2005 quando as indústrias fornecedoras apresentam queda nos seus investimentos em P&D e o efeito *linkage* é irrelevante, levando a uma variação negativa no P&D incorporado.

Os resultados aqui apresentados apontam para a importância dos *transbordamentos* diretos de produtividade entre as indústrias que estão conectadas por suas estruturas de insumo. Há vários estudos sobre os efeitos das interligações industriais, e este trabalho fornece evidências adicionais de que a mudança tecnológica em um setor, assim como seus investimentos em P&D, afetam o crescimento da PTF de seus setores demandantes, segundo os dados das matrizes de insumo-produto do Brasil. Isso sugere que, pelo menos nos setores industriais, o declínio no crescimento da PTF de um setor pode levar à queda do crescimento tecnológico dos setores a ele associados, levando a um efeito cascata entre as indústrias ofertantes e seus usuários.

Dessa forma, aumenta-se a importância de políticas públicas que visem crescer a produtividade industrial e a capacidade de internalizar esforço de P&D. Tendo em vista as ligações interindustriais, políticas que visem fortalecer tecnologicamente cada elo da cadeia industrial podem produzir resultados favoráveis para a produtividade da economia brasileira como um todo. Nesse sentido, as políticas tecnológicas deveriam ser mais efetivas em reforçar as estratégias competitivas com base em diferenciação de produto e inovações de processo por meio de diminuições do risco envolvido nas atividades inovadoras, criando novos arranjos para estimular e financiar gastos de P&D das firmas.

7. ANEXO

Devido à falta de dados de gastos com P&D para alguns setores em determinados anos uma nova compatibilização foi realizada a fim de obter a quantidade de 29 setores, para os quais existem os dados para todos os anos.

Quadro 1: Compatibilização dos setores de acordo com a disponibilidade de dados sobre gastos com P&D.

1 Agricultura, silvicultura, exploração florestal
1.1 Pecuária e pesca
2 Indústria Extrativa
2.1 Petróleo e gás natural
2.2 Minério de ferro
2.3 Outros da indústria extrativa
3 Alimentos e Bebidas
3.1 Produtos do fumo
4 Têxteis
5 Artigos do vestuário e acessórios
6 Artefatos de couro e calçados
7 Celulose e produtos de papel
7.1 Jornais, revistas, discos
8 Refino de petróleo e coque (álcool)
9 Produtos químicos
10 Produtos farmacêuticos
11 Artigos de borracha e plástico
12 produtos de minerais não-metálicos
13 Metalurgia Básica
14 Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos
15 Máquinas e equipamentos
16 Máquinas, aparelhos e materiais elétricos
17 Material eletrônico e equipamentos de comunicações
18 Automóveis, camionetas e utilitários, Caminhões e ônibus
19 Peças e acessórios para veículos automotores
19.1 Outros equipamentos de transporte
20 Móveis e produtos das indústrias diversas
20.1 Produtos de madeira-exclusive móveis
Máquinas para escritório e equipamentos de
20.2 informática
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, de
20.3 medida e óptico
21 Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana
22 Construção
23 Comércio
24 Transporte, armazenagem e comunicações
24.1 Serviços de informação
25 Intermediação financeira e seguros
26 Serviços imobiliários e aluguel
27 Serviços prestados às empresas
28 Outros serviços
28.1 Serviços de manutenção e reparação
28.2 Serviços de alojamento e alimentação
28.3 Educação mercantil

28.4 Saúde mercantil
28.5 Educação pública
28.6 Saúde pública

29 Administração pública e seguridade social

Fonte: elaboração própria com base na Cnae.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARROW, K. J. Economic welfare and the allocation of resources for invention. In: LAMBERTON, D. M., (Ed.), *Economics of information and knowledge*. Harmondsworth/Baltimore/Victoria: Penguin Books Ltd., p. 141-159, 1971.
- BERSTEIN, J. The Structure of Canadian Inter-Industry R & D Spillovers, and the Rates of Return to R & D. *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 37, No. 3 (Mar., 1989), pp. 315-328.
- BOSKIN, M. J., LAU, L. J. Contributions of R&D to economic growth. In: SMITH, B. L. R., BARFIELD, C. E. (Eds.), *Technology, R&D, and the economy*. Washington: The Brookings Institution/American Enterprise Institute, 1996.
- COE, D. T., HELPMAN, E., HOFFMAISTER, A.W. North-south R&D spillovers. *The Economic Journal*, v. 107, p. 134-149, 1997.
- CONSTANTIN, P., ROCHA, T., PIZA, C. Produtividade total dos Fatores na Agricultura Brasileira 1970-1999: Um Estudo Aplicado sobre sua Composição e seus Determinantes. Anais do XXXV Encontro Nacional de Economia. 2007.
- FELDMAN, M. P. (1999). "The New Economics of Innovation, Spillovers and Agglomeration: A Review of Empirical Studies." *The Economics of Innovation and New Technology*, 8: 5-25.
- GEROSKI, P. Markets for Technology: Knowledge, Innovation, and Appropriability.
- GOTO, A., SUZUKI, K. R & D Capital, Rate of Return on R & D Investment and Spillover of R & D in Japanese Manufacturing Industries. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 71, No. 4 (Nov., 1989), pp. 555-564.
- GRILICHES, Z. . Issues in Assessing the Contribution of P&D to Productivity Growth, *Bell Journal of Economics*, v. 10, p. 92-116, 1979.
- GRILICHES, Z. (1998). Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth. In: GRILICHES, Z. (Ed.), *R&D and Productivity: The Econometric Evidence*, Washington: NBER, 1998.
- GUILHOTO, J.M.. Análise de Insumo-Produto: Teoria e Fundamentos. Local: editora, 2004
- GROSSMAN, G., HELPMAN, E. *Innovation and growth in the global economy*. Cambridge, Massachusetts and London: MIT Press, 1991.
- HAUKNES, J., KNELL, M. Embodied knowledge and sectoral linkages: An input-output approach to the interaction of high- and low-tech industries. *Research Policy*, 38: 459-469, 2009.
- HIRSCHMAN, A. D. *The Strategy of Economic Development*. New Haven, Conn.: Yale University Press. 1958.
- MALERBA, F. Learning by Firms and Incremental Technical Change. *The Economic Journal*, v. 102, p. 845-859, 1992.
- MOHEN, P. Introduction: Input-Output Analysis of Interindustry R&D Spillovers. *Economic Systems Research*, v. 9, n. 1, p. 3-8, 1997.
- MORENO, R., PACI, R. e USAI, S. *Spatial spillovers and innovation activity in European regions*. WP CRENoS 03/10, September 2004.
- NELSON, R.R. e WINTER, S.G. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, MA, Harvard University Press. 1982.
- NELSON, R. R. e WINTER, S.G. Evolutionary Theorizing in Economics, *Journal of Economic Perspectives*, v. 16, n. 2, p. 23-46, 2002
- PAVITT, K., 1984. Sectoral patterns of technological change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, v. 13, p. 343-373.

- SAKURAI, N., PAPACONSTANTINOU, G., IOANNIDIS, E. Impact of R&D and Technology Diffusion on Productivity Growth: Empirical Evidence for 10 OECD Countries. *Economic Systems Research*, v. 9, n. 1, p. 81-109, 1997.
- SAXENIAN, A. L. The Limits of Autarky: Regional Networks and Industrial Adaptation in Silicon Valley and Route 128. *Social Science Research Council*, Dec 8-9.
- SCHERER, F. M. Inter-Industry Technology Flows and Productivity Growth. *Review of Economics and Statistics*, v. 64, p. 627-634, 1982.
- SCHMOOKLER, J. *Invention and Economic Growth*. Cambridge: Harvard University Press, 1966.
- SVEIKAUSKAS, L. *R&D and Productivity Growth: A Review of the Literature*. Washington: Bureau of Labor Statistics, 2007 (Texto para Discussão; 408).
- TERLECKYJ, N.W. Direct and Indirect Effects of industrial Research and Development on the Productivity Growth of Industries, IN: *J.W. Kendrick & B. Vaccara (Eds.), New Development in Productivity Measurement* (New York, National Bureau of Economic Research). 1980
- WOLFF, E. Spillovers, Linkages and Technical Change". *Economic Systems Research*, 9:1,9-23. 1997
- WOLFF, E., Nadiri, M. I. Spillover effects, Linkage structure, and Research and Development, *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 4, p. 315-331, 1993
- VUORI, S. Interindustry Technology Flows and Productivity in Finnish Manufacturing. *Economic Systems Research*, v. 9, n.1, p. 67-80, 1997.