

Eficiência dos dispêndios em inovação nas indústrias de transformação do Brasil*

Chrystian Soares Mendes

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Luckas Sabioni Lopes

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Adriano Provezano Gomes

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Recebido: 11/01/2010 Versão revisada (entregue): 05/12/2011 Aprovado: 06/12/2011

RESUMO

O presente estudo buscou identificar se 23 setores da indústria de transformação que investiram em atividades de inovação foram eficientes em 2003 e 2005, por meio da análise envoltória de dados, principalmente pelo modelo de retornos variáveis à escala. Verificou-se que o nível de eficiência reduziu-se consideravelmente ao longo dos anos, com o escore médio passando de 0,82 para 0,68 entre 2003 e 2005, além de, neste último ano, ter ocorrido uma mudança em relação às unidades eficientes. Os únicos setores eficientes nos dois anos foram os ligados à produção de derivados do petróleo, de metais não ferrosos e de automóveis em geral. Conclui-se, afinal, que a manutenção dos níveis de lucratividade em função dos gastos com inovação dos setores da indústria de transformação nacional depende de uma maior eficiência no uso destes recursos, com o intuito de alcançar ou, se possível, ultrapassar os padrões tecnológicos internacionais.

* Os autores agradecem aos pareceristas da RBI pela inestimável contribuição dada ao trabalho. Qualquer possível erro remanescente é de exclusiva responsabilidade nossa.

PALAVRAS-CHAVE | Inovação Tecnológica; Análise de Eficiência; Indústria de Transformação.

Códigos JEL | C14; L60; O31.

Efficiency of innovation expenditure in the Brazilian manufacturing industry

ABSTRACT

This study aimed to identify whether 23 sectors of Brazilian manufacturing industry spent efficiently in innovation activities in the years 2003 and 2005, through data envelopment analysis, especially by the model of variable returns to scale. It was found that the level of efficiency has reduced considerably over the years, with the average score from 0.82 in 2003 to 0.68 in 2005, and in the past year, have been a shift from the efficient unities. The only efficient industries in the two years were linked to the production of oil, non-ferrous metals and automobiles in general. The conclusion is, after all, that maintaining the levels of profitability in terms of innovation expenditure of the sectors of processing industry depends on a more efficient use of resources in order to achieve or, if possible, overcome the technological standards international.

KEYWORDS | Innovation; Technology; Efficiency analysis; Manufacturing industry; Brazil.

JEL-Codes | C14; L60; O31.

1. Introdução

A indústria brasileira iniciou a década de 1990 de maneira muito conturbada, em função das diversas distorções macroeconômicas existentes e das incertezas advindas de um processo inflacionário em franca aceleração. As políticas governamentais adotadas posteriormente, com o objetivo reduzir a escalada dos preços, incluíram um processo de abertura comercial e de privatizações, introduzindo uma série de mudanças no setor industrial, o que levou, inclusive, a um processo de desindustrialização e acirramento da competição.

Neste sentido, a inovação tecnológica passou a ser muito importante, não somente pela necessidade de se aumentar a competitividade produtiva, mas também para que os empresários pudessem reajustar a lucratividade de seus empreendimentos.¹ Isso é corroborado por Schumpeter (1982), ao relatar que a inovação determina o crescimento e a dinâmica da economia capitalista, estimulando o desenvolvimento de novos produtos, processos e/ou aperfeiçoamentos a fim de que os setores industriais (ou, mais especificamente, as empresas) se mantenham operando eficientemente.

Atualmente, diversos setores produtivos mantêm recursos significativos aplicados em atividades inovativas, dada a importância crescente que esses dispêndios têm assumido no processo produtivo e no desenvolvimento das nações ao longo dos anos (FREEMAN; SOETE, 1997; AUDRESTCH, 1998; FELDMAN; AUDRETSCH, 1999). Por exemplo, no caso particular do objeto deste estudo – a indústria de transformação brasileira –, os gastos com pesquisa e desenvolvimento (P&D), treinamento e introdução de inovações no mercado cresceram entre 2003 e 2005, conforme mostram os dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica – Pintec, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2003, 2005).

Contudo, será que o aumento verificado nos gastos com inovação da indústria de transformação brasileira foi acompanhado, simultaneamente, por uma elevação na eficiência destes dispêndios? Para responder a este questionamento, a presente pesquisa analisa a eficiência técnica e de escala dos recursos destinados às atividades inovativas em 23 setores dessa indústria no país, entre 2003 e 2005, pelo método

1 Segundo Moreira e Correa (1997), a proteção excessiva existente na economia brasileira pré anos 1990 permitia uma lucratividade abusiva, além de desestimular os investimentos em capacitação tecnológica que pudessem reduzir os custos médios de produção.

de Análise Envoltória de Dados (DEA, do inglês *Data Envelopment Analysis*).² A técnica DEA calcula a eficiência de forma comparativa, considerando os setores que, dentro da amostra, melhor utilizam/produzem seus insumos/produtos.

A literatura empírica nacional, que relaciona gastos com inovação e eficiência técnica na produção, é relativamente escassa. Dois artigos, contudo, merecem destaque: De Negri (2005), que analisou dados da Pintec entre 1992 e 2000 e verificou que a inovação tecnológica favorece o desempenho exportador das empresas de transformação brasileiras, principalmente quando ela se relaciona com a criação de produtos e processos; e Mendonça *et al.* (2006) que, usando técnicas estatísticas e não paramétricas, verificaram que os contratos de licenciamento de tecnologia reduziram a eficiência técnica nos setores produtivos brasileiros nesse mesmo período. Segundo os autores, isso se justifica porque as licenças diminuem a competição onde são adotadas, desestimulando o desenvolvimento de novos métodos e produtos.

Há, assim, uma lacuna no que diz respeito ao entendimento da dinâmica temporal da eficiência dos dispêndios em inovação na indústria de transformação brasileira, análise que pode fornecer informações relevantes tanto para empresários como para o desenvolvimento de políticas governamentais, pois, por exemplo, se os setores industriais aqui analisados não têm acompanhado o desenvolvimento tecnológico de ponta, perdendo, assim, mercados, devido ao acirramento da competição existente, haverá uma tendência à redução na eficiência técnica dos gastos com inovação (MOREIRA; CORREA, 1997).³ Adicionalmente, se o aumento nestes gastos for baseado, principalmente, no licenciamento de tecnologia, as evidências têm sugerido que a eficiência técnica pode se reduzir, de acordo com os argumentos expostos na próxima seção.

O presente artigo, além desta introdução, está organizado da seguinte forma: na segunda seção, é feita uma breve revisão da literatura e são apresentados dados de dispêndios com atividades inovativas no Brasil em 2003 e 2005; na terceira, faz-se a descrição do método de cálculo da eficiência e da base de dados; na quarta, são apresentados os principais resultados; e, na quinta seção, conclui-se a pesquisa.

2 Conforme se detalha adiante, esses setores envolvem desde produção de alimentos e vestuários, até atividades extrativas minerais e automobilísticas.

3 Os autores argumentam que o aumento da competição advindo do processo da crescente abertura comercial tem efeito ambíguo sobre o desempenho das empresas. Por um lado, ele estimula o aperfeiçoamento das práticas e a inovação, porém, por outro, as empresas podem não conseguir acompanhar o estado da arte do setor a nível mundial, perder parcelas de mercado ou mesmo ir à falência.

2. Economia brasileira e o processo de inovação

A indústria brasileira na década de 1990 apresentou muitas transformações estruturais, como, por exemplo: redução da participação da indústria no valor agregado do Produto Interno Bruto (PIB); inversão do processo de substituição de importação, o que permitiu um aumento da competitividade dos produtos nacionais; e mudança na estrutura industrial no que concerne à participação da categoria industrial, em que os bens duráveis passaram a ter uma maior representação (VERMULM, 1999).

O panorama macroeconômico dos anos 2000 teve como destaque a manutenção do controle da inflação, com ênfase no ajuste das contas públicas, pretendendo a retomada do crescimento do nível de atividade produtiva. Nesse contexto, o valor agregado do PIB industrial, entre 2000 e 2005, foi de 28% em média, tendo a indústria de transformação contribuído com cerca de 63% e 18% do PIB industrial e total, respectivamente, no período. Em adição, a indústria brasileira obteve um crescimento anual de 2,9%, valor pouco menor que o alcançado pelo setor de transformação, de 3,4% ao ano.⁴ Ademais, entre 2000 e 2005, a taxa de crescimento do PIB real brasileiro (3% a.a.), em termos de paridade do poder de compra, foi levemente superior à taxa norte-americana (2,8% a.a.).⁵

Assim, pode-se verificar que a indústria de transformação participou significativamente na economia brasileira durante o período analisado. Além disso, um estudo realizado por Grynszpan (2008), conjuntamente com os dados da Pintec (2003; 2005), mostra que esse setor buscou elevar os investimentos em atividades inovativas, tanto com a aquisição de novas máquinas e equipamentos, como com treinamento de pessoal (Tabela 1).

Como se pode verificar na Tabela 1, a indústria extrativa foi a que teve maior participação em dispêndios de atividades de inovação, tendo como destaque a realização de atividades internas de P&D e outros conhecimentos, bem como a aquisição de máquinas e equipamentos, com um valor por empresa de R\$ 2.301 mil e R\$ 1.248 mil, respectivamente, ao passo que a indústria de transformação registrou um gasto de R\$ 2.018 mil e R\$ 708 mil nas mesmas atividades. Deve-se lembrar que esses valores correspondem a 84.262 empresas, sendo que a indústria de transformação responde por 97,76% desse total e a indústria extrativa por apenas 2,24%.

4 Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Sistema de Contas Nacionais Referência 2000 (IBGE/SCN 2000 Anual). Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>.

5 Fonte: Banco Mundial. *World Development Indicators* (WDI). Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>.

Portanto, mesmo que se tenha verificado participação maior do setor extrativista por empresa, no agregado o setor de transformação tem representatividade maior. Em 2005, ocorreu situação similar, ressaltando-se que o setor de transformação, neste ano, englobava 89.205 empresas de um total de 91.055 (Tabela 2).

TABELA 1
 Valor médio dos dispêndios por empresa relacionados às atividades inovativas, segundo setores industriais
 Brasil – 2003

Setores	Em mil reais				
	Ativ. internas e externas de P&D e outros conhecimentos	Aquisição de máquinas e equipam.	Treina-mento	Introd. inov. tecnológica no mercado	Proj. ind. e preparações técnicas
Indústrias extrativas	2.301	1.248	233	153	82
Indústrias de transformação	2.018	708	82	270	394
Total (1)	1.985	716	84	269	389

Fonte: IBGE. Pesquisa de Inovação Tecnológica – Pintec.

(1) O total inclui, ainda, os setores de produção e distribuição de eletricidade, gás e água; por isso, seus valores podem ser menores que os relativos às indústrias extrativas e de transformação.

Com a elevação da competitividade industrial em nível internacional, os setores tendem a buscar novas tecnologias a fim de se manterem ativos no mercado (MOREIRA; CORREA, 1997). Outro fator que pode ter servido de estímulo à implementação de novas tecnologias foi a modernização da lei de patentes brasileira, conhecida como Lei de Propriedade Intelectual (Lei 9279/96), que protege novos produtos, processos e principalmente o conhecimento empregado em seu desenvolvimento, mesmo que apenas por determinado período (MENDONÇA et al. 2006).⁶

Em seu estudo, Albuquerque (1998) apresenta, contudo, duas vertentes com relação aos benefícios da patente em termos de bem-estar nacional: a favorável afirma que a existência de uma garantia quanto ao monopólio da comercialização de um novo produto estabelece os incentivos necessários para os agentes econômicos racionais despenderem esforços criativos; já a vertente contrária às patentes insiste nas restrições à competição que surge com o monopólio instituído por elas.

6 A patente de invenção vigorará pelo prazo de 20 anos e a de modelo de utilidade pelo prazo 15 anos, contados da data de depósito, conforme a referida Lei.

TABELA 2
 Valor médio dos dispêndios por empresa relacionados às atividades inovativas, segundo setores industriais
 Brasil – 2005

Em mil reais

Setores	Ativ. internas e externas de P&D e outros conhecimentos	Aquisição de máquinas e equipam.	Treina-mento	Introd. inov. tecnológica no mercado	Proj. ind. e preparações técnicas
Indústrias extrativas	7.007	1.683	202	351	262
Indústrias de transformação	2.879	1.049	121	396	652
Total (1)	3.277	1.030	136	475	621

Fonte: IBGE. Pesquisa de Inovação Tecnológica – Pintec.

(1) O total inclui, ainda, os setores de produção e distribuição de eletricidade, gás e água; por isso, seus valores podem ser menores que os relativos às indústrias extrativas e de transformação.

Segundo Bergerman (2005), um defensor da primeira vertente de Albuquerque (1998), a atividade inovadora tem o intuito de também gerar mais riqueza econômica e social. Não se deve apenas realizar pesquisas, deve haver produção. Para tanto, é necessário possuir mais eficiência, para que, assim, haja um suporte maior para a realização da inovação. Por meio da patente, pode-se elevar a lucratividade de uma empresa, o que gera maior incentivo ao desenvolvimento tecnológico. Isto é feito, por exemplo, pela implantação de uma inovação que propicie redução do custo marginal de um bem, sendo que, com a patente, outras empresas são impedidas de adotar tal processo, a não ser mediante pagamento de *royalties*. Dessa forma, a empresa detentora da patente pode reduzir o preço do produto a fim de expulsar as concorrentes do mercado, elevando seu lucro. Observa-se que a relação existente entre a patente e o processo de inovação atua no sentido de proteger os novos inventos e/ou processos, premiando as empresas que geram inovação, que poderão produzir com mais eficiência. Contudo, ressalta-se o efeito final em termos de bem-estar, que dependerá da magnitude dos efeitos distorcivos inseridos pelo maior poder de monopólio gerado pela patente.

Para Cohen et al. (2000), que têm argumentos próximos aos da segunda vertente de Albuquerque (1998), a empresa que detém uma inovação pode licenciar sua tecnologia de produção com o intuito de reduzir o incentivo das rivais em produzir uma melhor tecnologia. Inclusive, para Mendonça e Oliveira (2003), a utilização de contratos de licenciamento relaciona-se à capacidade de investimento da empresa rival, pois, caso a primeira se sinta ameaçada pela segunda, ela pode

cancelar o licenciamento para barrar sua entrada no mercado. Já na visão de Coelli et al. (1997), a utilização destes contratos com o intuito de barrar a entrada de empresas e/ou produtos no mercado afeta tanto a competição quanto a eficiência técnica das firmas (esta última, de forma negativa), definida como a habilidade de uma empresa em obter o máximo produto de um dado conjunto de insumos. Dessa forma, a segunda possibilidade ocorreria como perdas decorrentes da primeira, pois a redução da competição nos mercados estaria associada a setores com ineficiências alocativa e/ou técnica.

Diversos estudos já foram realizados sobre a relação da inovação com o progresso econômico e industrial, como os de Freeman e Soete (1997), Audrestch (1998), Feldman e Audretsch (1999), Albuquerque (2001), entre outros, que mostram a relevância desta variável para a economia. Contudo, no que se refere a medir o nível de eficiência da inovação nos setores industriais, não existem muitos trabalhos, principalmente que retratem a situação da indústria de transformação brasileira. Em casos mais restritos, podem-se destacar alguns estudos sobre a eficiência produtiva elaborados por: Rocha e Netto (2002), que analisam a eficiência ranqueando as indústrias petrolíferas; Soares de Mello et al. (2003), que estudam a eficiência para as companhias aéreas brasileiras; Mendonça et al. (2006), que retratam a eficiência técnica dos setores industriais no que concerne aos contratos de licenciamento; e, por fim, Loukoainova (2008), que aborda a eficiência do sistema bancário japonês, entre outros.

Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo verificar se os setores da indústria de transformação no país foram eficientes com a realização de dispêndios em atividades inovativas, entre 2003 e 2005, bem como identificar se a eficiência se elevou no último ano da amostra, classificando, assim, entre os 23 setores analisados, aqueles que mais se destacaram. Na próxima seção, descreve-se o método utilizado para tal finalidade.

3. Metodologia

3.1. Análise envoltória de dados

Para calcular a eficiência dos setores da indústria de transformação no Brasil, utilizou-se a análise envoltória de dados – *Data Envelopment Analysis* (DEA) – que é uma técnica não paramétrica baseada na programação matemática, desenvolvida inicialmente por Farrel (1957), que propôs um modelo empírico em que cada

unidade de produção é avaliada em relação às demais de um conjunto homogêneo e representativo,⁷ sendo que a medida de eficiência gerada é relativa e, portanto, dependente da amostra de dados.

Basicamente, separa-se a eficiência em dois componentes: eficiência técnica, que reflete a habilidade de uma unidade em obter máximo produto, dado um conjunto de insumo; e eficiência alocativa, que reflete a habilidade da unidade em utilizar os insumos em proporções ótimas, dados seus preços relativos. A combinação dessas duas dá uma medida de eficiência econômica total.

Dois tipos de orientação ainda podem ser seguidos pelas medidas de eficiência: orientação a produto, que dá ênfase no aumento do produto mantendo os insumos fixos; e orientação a insumo, que se fundamenta na redução dos insumos, para um dado nível de produção. O presente estudo utilizou orientação a produto, uma vez que pretende verificar a eficiência das inovações implantadas no sentido de expandir a receita líquida da operação produtiva, pelos diversos setores da indústria de transformação no Brasil.

Lins e Meza (2000) citam algumas características importantes do modelo DEA: difere dos métodos que se baseiam na avaliação puramente econômica e que necessitam converter tanto insumos como produtos em unidades monetárias; considera que os “*outliers*” representam não apenas desvios em relação ao comportamento médio, mas também possíveis *benchmarks*; e constitui uma alternativa e um complemento aos métodos de análise de tendência central e custo-benefício. Já Charnes et al. (1994) ressaltam outros pontos relevantes da análise envoltória de dados, tais como a possibilidade de utilizar simultaneamente múltiplos produtos e insumos, aceitando unidades de medidas diferentes,⁸ o que permite a incorporação de variáveis categóricas ou *dummies* e exógenas.

A modelagem DEA comporta, ainda, diversas especificações de retornos à escala. No modelo de retornos constantes (CCR), proposto por Charnes et al. (1978), utiliza-se a definição de ótimo de Pareto, em que nenhum produto pode ter sua produção aumentada sem que sejam aumentados seus insumos ou diminuída a produção de outro produto. Contudo, trabalhar exclusivamente sobre este modelo é o mesmo que pressupor que todas as DMUs (*decision making unit*, ou unidades tomadoras de decisão) operam em escala ótima, o que, na verdade, pode

7 Na literatura sobre os modelos DEA, cada empresa (ou, no presente estudo, cada setor) é denominada de DMU, do inglês *decision making unit*, unidades tomadoras de decisão.

8 Deve-se ressaltar aqui o cuidado com a utilização de muitos insumos e produtos na aplicação do DEA, pois os resultados podem ser equivocados. Para mais detalhes, consultar Gomes (2007).

não acontecer. Além disso, ele não assimila adequadamente as possíveis diferenças de porte dos setores da indústria de transformação analisada.

Por isso, este trabalho foi focado na eficiência técnica com retornos variáveis, que pode ser computada com uma reformulação do modelo CCR, proposta por Banker et al. (1984), referida na literatura como BCC. Tal modelo pode ser representado da seguinte maneira: assumindo que um processo de produção utilize k insumos na geração de m produtos, em cada um dos n setores ou DMUs, as matrizes de insumos \mathbf{X} de dimensões ($k \times n$) e de produtos \mathbf{Y} , de dimensões ($m \times n$), representam os dados de todas as n DMUs, em que cada linha de \mathbf{X} representa um insumo e cada coluna, uma DMU, similar à matriz \mathbf{Y} , sendo que, nesta, cada linha representa um produto. Algebricamente, os escores de eficiência são derivados da resolução do seguinte problema de programação matemática:

$$\begin{array}{l}
 \text{Máx}_{\phi, \lambda} \phi, \\
 \text{sujeito a:} \\
 -\phi y_i + \mathbf{Y}\lambda \geq 0, \\
 x_i - \mathbf{X}\lambda \geq 0, \\
 N_1' \lambda = 1, \\
 \lambda \geq 0.
 \end{array} \tag{1}$$

Em que $N_1' \lambda = 1$ é uma restrição de convexidade e N_1 é um vetor de algarismos unitários de ordem ($n \times 1$).⁹ Adicionalmente, para a i -ésima observação: y_i é um vetor ($m \times 1$) de quantidades de produto; x_i é um vetor ($k \times 1$) de quantidades de insumo; λ é um vetor ($n \times 1$) de pesos que fornece os *benchmarks* desta unidade; e $1/\phi$ representa a eficiência técnica variando de zero a um. Além disso, vale ressaltar que $1 \leq \phi < \infty$, e que $\phi - 1$ é o aumento proporcional nos produtos que poderiam ser obtidos pela i -ésima DMU, mantendo-se constante a utilização de insumos, isto é, o deslocamento do produto necessário para que essa unidade produtiva seja considerada eficiente.

Essa abordagem forma uma superfície de planos em interseção que envolve os dados de maneira mais compacta do que a superfície formada pelo modelo CCR (ver Figura 1). Isso faz com que os valores obtidos para eficiência técnica, com a pressuposição de retornos variáveis, sejam maiores do que os obtidos pelo

⁹ $N_1' = [1 \ \dots \ 1]_{1 \times n}$

No ponto P da Figura 1, por exemplo, sob a pressuposição de retornos constantes à escala, sua medida de ineficiência técnica é dada pela distância PPC, enquanto PPV mede essa ineficiência quando se supõem retornos variáveis. A diferença entre essas duas, PCPV, fornece a ineficiência de escala. As medidas de eficiência do ponto P, em termos de razão, isto é, limitadas entre zero e um, são dadas por:

$$\begin{aligned} &\bullet ET_{i,RC} = AP_c / AP; \\ &\bullet ET_{i,RV} = AP_v / AP; e, \\ &\bullet EE_i = AP_c / AP_v. \end{aligned}$$

Em que EE representa a eficiência de escala. Contudo, como os setores aqui analisados são bastante distintos quanto ao seu porte de operação, não faz muito sentido econômico comparar as medidas de RC e EE. Não é viável, por exemplo, comparar a escala produtiva de um setor alimentício com outro referente à produção petrolífera. Dessa forma, os resultados apresentados a seguir se focam na eficiência técnica com retornos variáveis à escala, justamente porque ela retira os efeitos da escala do cômputo de seu escore.

3.2. Fonte de dados, procedimentos metodológicos e variáveis utilizadas

Os dados referentes ao dispêndio em atividades inovadoras, bem como a receita líquida das vendas do setor de transformação, foram obtidos pela Pesquisa de Inovação Tecnológica (Pintec), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2003 e 2005.¹⁰

Os setores da indústria de transformação seguem a Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE 1.0, seção D, Indústrias de Transformação, sendo que algumas atividades resultaram da desagregação dos grupos (três dígitos) da CNAE, caso das empresas classificadas como DMUs (1, 2, 3, 4, entre outras) (Quadro 1).

Os dispêndios nesta pesquisa foram contabilizados para 23 setores, que se referem a um total de 84.262 empresas em 2003 e 89.205 em 2005, incluindo aquelas que investiram em alguma atividade de inovação. Como a medida de eficiência proporcionada pelo modelo DEA é relativa, a comparação dos escores obtidos pelos setores nos dois anos amostrados não pode ser feita de maneira direta, com um cálculo

10 Apesar de haver uma nova pesquisa que inclui as informações para 2008, esta não foi considerada em função de uma incompatibilidade dos dados fornecidos com os das pesquisas anteriores.

diferente para cada ano. Essa situação foi contornada com a inclusão de todos os setores, nos dois anos diferentes, em apenas um modelo DEA – BCC, múltiplos estágios. Assim, por exemplo, o setor 1 “Fabricação de produtos alimentícios” foi representado como $DMU_{1,1}$, em 2003, e $DMU_{1,2}$ em 2005. Genericamente, cada unidade produtiva entrou na análise de eficiência como $DMU_{i,j}$, em que $i = 1, 2, \dots, 23$ (representando os 23 setores) e $j = 1, 2$ (representando os dois períodos).

QUADRO 1

Setores da indústria de transformação incluídos na análise envoltória de dados

DMUs (n)	Indústrias de transformação
DMU_1	Fab. de produtos alimentícios
DMU_2	Fab. de bebidas
DMU_3	Confecção de artigos do vestuário e acessórios
DMU_4	Preparação de couros e fab. de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados
DMU_5	Fab. de produtos de madeira
DMU_6	Fab. de celulose, papel e produtos de papel
DMU_7	Edição, impressão e reprodução de gravações
DMU_8	Fab. de coque, refino de petróleo, elaboração de combustíveis nucleares e produção de álcool
DMU_9	Fab. de produtos químicos
DMU_10	Fab. de produtos farmacêuticos
DMU_11	Fab. de artigos de borracha e plástico
DMU_12	Fab. de produtos de minerais não metálicos
DMU_13	Produtos siderúrgicos
DMU_14	Metalurgia de metais não ferrosos e fundição
DMU_15	Fab. de produtos de metal
DMU_16	Fab. de máquinas e equipamentos
DMU_17	Fab. de máquinas para escritório e equipamentos de informática
DMU_18	Fab. de máquinas, aparelhos e materiais elétricos
DMU_19	Fab. de material eletrônico básico
DMU_20	Fab. de aparelhos e equipamentos de comunicações
DMU_21	Fab. de equipamentos de instrumentação médico-hospitalares
DMU_22	Fab. e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias
DMU_23	Fab. de automóveis, caminhonetes e utilitários, caminhões e ônibus

Fonte: Elaboração dos autores, a partir de informações da CNAE.

As variáveis consideradas insumos e produto (PINTEC, 2003; 2005) são as seguintes:

Produto:

a. Y – receita líquida das vendas do setor.

Insumos:

- a. X_1 – gastos com atividades internas e externas de P&D e aquisição de outros conhecimentos;
- b. X_2 – gastos com aquisição de máquinas e equipamentos;
- c. X_3 – gastos com treinamento;
- d. X_4 – gastos com introdução de inovações tecnológicas no mercado;
- e. X_5 – gastos com projetos industriais e outras preparações técnicas;
- f. X_6 – mão de obra envolvida em atividades inovativas.

Outro modelo analisado buscou considerar certa defasagem entre o período de realização dos dispêndios em inovação e seus resultados em termos de receitas líquidas. Assim, de acordo com o que a base de dados permite realizar, a função de produção implicitamente empregada na abordagem DEA – BCC foi a seguinte:

$$Y_{i,2005} = f(X_{1i,2003}, X_{2i,2003}, X_{3i,2003}, X_{4i,2003}, X_{5i,2003}), \quad i = 1, \dots, 23. \quad (3)$$

Onde se assume que há um período de dois anos para que os gastos com inovação tenham efeito sobre as receitas líquidas de vendas; as variáveis Y e X foram mencionadas anteriormente, e “f (.)” denota um funcional em que se admitem retornos variáveis à escala. Neste artigo, o cálculo dos escores de eficiência foi feito com o *software* DEAP, versão 2.1.

4. Resultados e discussão

Antes de iniciar a apresentação dos resultados e a discussão dos modelos, descreve-se de maneira sucinta a amostra das empresas de transformação utilizada no estudo para 2003 e 2005 (Tabelas 3 e 4).

Como se pode verificar, os dados da Tabela 3 referem-se aos dispêndios realizados em atividades de inovação em 2003, como P&D, aquisição de outros conhecimentos, treinamentos, novos equipamentos, entre outros, bem como a mão de obra envolvida neste tipo de atividade e a receita líquida das vendas feitas pelos setores após a implantação das inovações. Percebe-se que suas receitas médias foram em torno de 103 milhões de reais, em 2003, e a mão de obra envolvida em atividades inovativas correspondeu, em média, de 1.540 pessoas.

TABELA 3
 Dispêndios realizados nas empresas de transformação, segundo atividades
 Brasil – 2003

Em mil reais

Atividades	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
Ativ. int. e externas de P&D e aq. de outros conhecimentos	7.577,11	18.398,14	70.670,76	200,30
Aquisição de máquinas e equipamentos	3.453,19	10.312,83	50.368,14	78,93
Treinamento	192,05	319,74	1.499,61	20,10
Introd. de inov. tecnológica no mercado	1.133,33	2.124,60	8.710,20	26,41
Proj. ind. e preparações técnicas	1.138,14	2.360,84	10.036,30	70,98
Mão de obra (1)	1.540,59	1.397,83	5.053,30	142,53
Receita líquida das vendas	103.096,69	293.714,56	1.362.652,09	992,02

Fonte: IBGE. Pesquisa de Inovação Tecnológica – Pintec. Resultados da pesquisa elaborada pelos autores.

(1) A variável mão de obra encontra-se em nível e refere-se ao número de pessoas envolvidas em atividades inovativas.

A Tabela 4 mostra as principais estatísticas para 2005. Observa-se um aumento significativo da receita líquida média das vendas neste ano, em relação a 2003, de aproximadamente 35 milhões de reais. Além desta variável, todos os outros investimentos tiveram crescimento expressivo, principalmente os gastos com treinamento (97%) e introdução de inovações no mercado (67%) e a mão de obra (30%).

TABELA 5
 Dispêndios realizados nas empresas de transformação, segundo atividades
 Brasil – 2005

Em mil reais

Atividades	Média	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
Ativ. int. e externas de P&D e aq. de outros conhecimentos	9.287,74	21.749,85	99.957,94	367,92
Aquisição de máquinas e equipamentos	5.334,28	15.121,33	73.287,11	90,84
Treinamento	378,88	981,64	4.788,12	13,17
Introd. de inov. tecnológica no mercado	1.894,34	5.578,60	27.090,20	41,42
Proj. ind. e preparações técnicas	2.585,57	6.068,48	28.988,89	100,26
Mão de obra (1)	1.995,98	1.817,13	6.529,52	199,07
Receita líquida das vendas	138.893,15	409.543,88	1.927.617,13	1.259,16

Fonte: IBGE. Pesquisa de Inovação Tecnológica – Pintec. Resultados da pesquisa elaborada pelos autores.

(1) A variável mão de obra encontra-se em nível e refere-se ao número de pessoas envolvidas em atividades inovativas.

Agora são analisados os modelos de eficiência, em que se percebe uma mudança dos setores considerados eficientes entre 2003 e 2005. Por exemplo, a DMU 2, referente aos fabricantes de bebidas, deixou de ser eficiente, assim como o setor de produção de bens alimentícios. Já a DMU 17 (fab. de máquinas para escritório e equipamentos de informática) e a DMU 13 (produtos siderúrgicos) melhoraram a utilização dos recursos destinados à inovação em 2005.

Os setores que se mantiveram constantes nos dois anos foram os de confecção de artigos do vestuário e acessórios; fabricação de produtos de madeira; fabricação de coque, refino de petróleo, elaboração de combustíveis nucleares e produção de álcool; metalurgia de metais não ferrosos e fundição; e fabricação de automóveis, caminhonetes e utilitários, caminhões e ônibus, respectivamente as DMUs 3, 5, 8, 14 e 23.

No entanto, deve-se ressaltar que a média da eficiência reduziu-se de 0,82 em 2003 para 0,68 em 2005. Esse é um dos resultados mais interessantes entre os levantados por esta pesquisa. Como discutido anteriormente, esse aumento da ineficiência dos dispêndios com inovação pode ser atribuído a dois fatores. Primeiramente, se houver uma elevação nos gastos com licenciamento de tecnologias, haverá uma tendência à acomodação nos setores, o que reduz a eficiência produtiva. Entretanto, percebe-se, pela análise conjunta das Tabelas 3 e 4, que os setores expandiram seus recursos médios aplicados na introdução de inovações tecnológicas no mercado mais que proporcionalmente à aquisição de máquinas e equipamentos (assumindo-se que a primeira variável esteja mais relacionada com as atividades de criação e a segunda com o licenciamento), o que não invalida, mas pode enfraquecer essa justificativa para a redução da eficiência.

Em segundo lugar, os dispêndios com inovação podem se tornar menos eficientes se os setores não conseguirem acompanhar as indústrias de ponta em nível internacional. Deste modo, mesmo que se aumentem os recursos investidos com atividades inovativas, se os produtos e serviços não acompanharem (ou ditarem) o estado da arte no ramo, pode haver um movimento de perda de parcelas de mercado, fazendo com que as receitas não acompanhem, proporcionalmente, o aumento dos dispêndios realizados. Essa justificativa parece ser bastante plausível para o contexto brasileiro e se apoia na base de dados. Entre 2003 e 2005, os dispêndios com inovação nas modalidades consideradas anteriormente aumentaram, em média, 66%, com destaque para treinamento (97%) e projetos industriais e preparações técnicas (127%), quase o dobro da expansão das receitas líquidas, de 34%.

TABELA 5
Resultados da análise de eficiência, modelo BCC (retornos variáveis),
segundo setores da indústria de transformação
Brasil – 2003-2005

DMUs	Setores	BCC/2003	BCC/2005
1	Fab. de produtos alimentícios	1,000	0,565
2	Fab. de bebidas	1,000	0,736
3	Confecção de artigos do vestuário e acessórios	1,000	0,989
4	Preparação de couros e fab. de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	0,598	0,261
5	Fab. de produtos de madeira	1,000	1,000
6	Fab. de celulose, papel e produtos de papel	0,645	0,382
7	Edição, impressão e reprodução de gravações	1,000	0,482
8	Fab. de coque, refino de petróleo, elaboração de combustíveis nucleares e produção de álcool	1,000	1,000
9	Fab. de produtos químicos	0,943	0,912
10	Fab. de produtos farmacêuticos	0,499	0,314
11	Fab. de artigos de borracha e plástico	0,902	0,324
12	Fab. de produtos de minerais não metálicos	0,206	0,237
13	Produtos siderúrgicos	0,844	1,000
14	Metalurgia de metais não ferrosos e fundição	1,000	1,000
15	Fab. de produtos de metal	1,000	0,751
16	Fab. de máquinas e equipamentos	0,551	0,290
17	Fab. de máquinas para escritório e equipamentos de informática	0,798	1,000
18	Fab. de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	0,681	0,611
19	Fab. de material eletrônico básico	0,950	1,000
20	Fab. de aparelhos e equipamentos de comunicações	0,997	0,666
21	Fab. de equipamentos de instrumentação médico-hospitalares	0,809	0,823
22	Fab. e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias	0,442	0,244
23	Fab. de automóveis, caminhonetas e utilitários, caminhões e ônibus	1,000	1,000
Média		0,820	0,678
Média global: 0,749			

Fonte: Resultados da pesquisa elaborada pelos autores.

Ainda acerca deste fato, é relevante destacar os casos de dois setores. Veja-se, inicialmente, que o setor farmacêutico (DMU 10), altamente intensivo em tecno-

logia, obteve escores de eficiência técnica (BCC) muito baixos e declinantes nos dois anos analisados, ou seja, aproximadamente 0,5 em 2003 e 0,3 em 2005. Tal resultado deveria ser explorado com mais detalhes, pois, por se tratar de empresas que utilizam muitos contratos de licenciamento, isto poderia estar influenciando negativamente a procura por eficiência produtiva no setor. Porém, se este movimento for reflexo de uma defasagem tecnológica, a elaboração de políticas públicas no intuito de incentivar o setor traria benefícios não somente no âmbito econômico, mas também no social, caso estas se refletissem em maior, mais variada e mais barata oferta de produtos farmacêuticos.

Por sua vez, a indústria automobilística no Brasil mostrou-se eficiente em ambos os períodos. Embora os impostos existentes e a possibilidade de utilizar elevadas margens sobre o preço final nesse setor possam ter agido a favor desse resultado, é perceptível que a qualidade dos carros produzidos internamente tem se elevado ao longo dos anos, o que é um reflexo de investimentos e inovações. Além disso, vale notar que a recente entrada de carros chineses no mercado nacional pode ser um importante teste para o setor, já que se inserem novas fontes de concorrência, com diferentes produtos, serviços e abordagens ao consumidor.

Outro fato importante a destacar é que alguns setores anteriormente ineficientes deixaram de sê-lo em 2005, podendo-se citar o caso dos produtos siderúrgicos (DMU 13), de máquinas para escritório e equipamentos de informática (DMU 17) e de material eletrônico básico (DMU 19). Nestes setores, normalmente classificados como de média tecnologia, pode estar havendo um processo benéfico de *catching-up* inovativo das empresas nacionais em direção às estrangeiras. Ou seja, movimento oposto ao verificado na média para a indústria de inovação no país, entre 2003 e 2005.

Como resultado final desta pesquisa, cabe avaliar o modelo DEA com defasagem, exposto na Tabela 6. Neste, assumiu-se que os insumos utilizados em 2003 surtem impacto nas receitas líquidas de vendas em 2005. Os setores eficientes foram os denominados por 2, 3, 5, 8, 13, 14, 15, 20 e 23, com a média das eficiências calculada em 0,75. Entre estes, as DMUs 5, 8, 14 e 23 foram consideradas eficientes em 2003 e 2005, de acordo com a Tabela 5, o que corrobora a argumentação feita anteriormente. Pode-se somar a esse grupo a DMU 3, referente aos setores de confecção de artigos para vestuário, virtualmente eficiente nos dois anos (com escore de 1,000 e 0,989).

Os setores de fabricação de bebidas (DMU 2), fabricação de produtos de metal (DMU 15) e fabricação de aparelhos e equipamentos de comunicação (DMU

20) foram eficientes no modelo da Tabela 6, mas obtiveram escore 1 em 2003 e inferior a 1 em 2005 (Tabela 5). Isso pode ser reflexo das defasagens, indicando que nestes setores os gastos correntes podem não surtir efeito instantâneo sobre as receitas líquidas. Ao extrapolar essa argumentação, é plausível que os gastos de 2005 possam ter surtido impacto benéfico em anos posteriores, como ocorreu com os dispêndios realizados em 2003.

TABELA 6
Resultados do modelo de eficiência com retornos variáveis considerando a defasagem, segundo setores da indústria de transformação
Brasil – 2003/2005

DMUs	Setores	ET – BCC
1	Fab. de produtos alimentícios	0,918
2	Fab. de bebidas	1,000
3	Confecção de artigos do vestuário e acessórios	1,000
4	Preparação de couros e fab. de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	0,378
5	Fab. de produtos de madeira	1,000
6	Fab. de celulose, papel e produtos de papel	0,639
7	Edição, impressão e reprodução de gravações	0,478
8	Fab. de coque, refino de petróleo, elaboração de combustíveis nucleares e produção de álcool	1,000
9	Fab. de produtos químicos	0,812
10	Fab. de produtos farmacêuticos	0,641
11	Fab. de artigos de borracha e plástico	0,812
12	Fab. de produtos de minerais não metálicos	0,238
13	Produtos siderúrgicos	1,000
14	Metalurgia de metais não ferrosos e fundição	1,000
15	Fab. de produtos de metal	1,000
16	Fab. de máquinas e equipamentos	0,518
17	Fab. de máquinas para escritório e equipamentos de informática	0,519
18	Fab. de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	0,693
19	Fab. de material eletrônico básico	0,569
20	Fab. de aparelhos e equipamentos de comunicações	1,000
21	Fab. de equipamentos de instrumentação médico-hospitalares	0,717
22	Fab. e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias	0,394
23	Fab. de automóveis, caminhonetes e utilitários, caminhões e ônibus	1,000
Média		0,753

Fonte: Resultados da pesquisa elaborada pelos autores.

Quanto aos setores ineficientes, as Tabelas 5 e 6 trazem resultados coerentes no caso das DMUs 4, 6, 9, 10, 11, 12, 16, 18, 21 e 22. Isto é, nesses ramos da indústria de transformação, tanto no modelo com defasagens como no que considera os dois períodos de tempo, o escore de eficiência foi inferior a 1. Isto reforça os resultados e a discussão anterior, de forma que a consideração das defasagens entre a realização dos investimentos em inovação e seus impactos sobre a receita não alterou significativamente os resultados obtidos.

5. Conclusão

O presente estudo buscou verificar se as indústrias do setor de transformação no Brasil foram eficientes no uso dos recursos com atividades inovativas entre 2003 e 2005. Neste sentido, foi possível verificar que, mesmo com uma elevação da receita líquida média das empresas neste último ano, houve uma piora da qualidade dos dispêndios efetuados com aquisição e realização de P&D, compras de máquinas e equipamentos, treinamentos, entre outros.

De acordo com a medida de eficiência fornecida pelo modelo de retornos variáveis, BCC, em 2003 o total de setores eficientes correspondeu a nove, grupo que pode incluir, também, a DMU 20, com um escore de 0,997. A média da eficiência neste ano foi de 0,82. Por sua vez, em 2005, percebeu-se uma mudança das empresas eficientes, bem como redução da média de eficiência em comparação com o ano anterior, de acordo com os resultados do modelo DEA – BCC. Em termos de política, esse resultado indica que os setores da indústria de inovação no Brasil devem intensificar seu esforço para acompanhar a tecnologia produtiva de ponta a nível internacional, pelo menos dentro dos limites possíveis. Entre os setores que apresentaram movimento neste sentido, estão os de produtos siderúrgicos (DMU 13), fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática (DMU 17) e fabricação de material eletrônico básico (DMU 19), que não eram eficientes em 2003 e se tornaram em 2005, bem como os de fabricação de produtos de madeira (DMU 5), fabricação de coque, refino de petróleo, elaboração de combustíveis nucleares e produção de álcool (DMU 8), metalurgia de metais não ferrosos e fundição (DMU 14) e fabricação de automóveis, caminhonetas e utilitários, caminhões e ônibus (DMU 23), que se mantiveram eficientes tanto em 2003 quanto em 2005. Isto é, apenas sete setores de um total de 23 analisados. Ao considerar um modelo DEA – BCC com uma defasagem de dois anos entre o gasto realizado (2003) e as receitas líquidas obtidas (2005) a maior parte dos resultados anteriores foram confirmados.

Deve-se destacar, por fim, que o processo de inovação de ponta tem sido fundamental para que os setores se tornem mais competitivos nos mercados nacionais e internacionais e aufram lucro maior. Este fato foi confirmado no decorrer do presente estudo, bem como a constatação de que a quantidade dos recursos aplicados com inovação tem crescido mais que proporcionalmente ao aumento da receita líquida de modo em geral, o que serve de alerta aos empresários e aos órgãos públicos promotores do desenvolvimento tecnológico no Brasil: nem sempre a quantidade se traduz em qualidade; mais do que gastar com inovação é preciso que se desenvolvam novas técnicas, novos produtos; que realmente se crie com esses dispêndios, a fim de que as empresas brasileiras possam, também, se tornar padrão para outras no atual contexto de integração internacional de mercados.

Referências bibliográficas

ALBUQUERQUE, E. M. *Patentes de invenção de residentes no Brasil (1980-1995): uma investigação sobre o papel dos direitos de propriedade intelectual na construção de um sistema nacional de inovação*. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia da UFRJ, 1998.

_____. *Sistema estadual de inovação de Minas Gerais: um balanço introdutório e uma discussão do papel (real e potencial) da FAPEMIG para sua construção*. Belo Horizonte: Face-UMFG/Cedeplar, setembro 2001 (Relatório de pesquisa – Fapemig).

AUDRETSCH, D. B. Agglomeration and the location of innovation activity. *Oxford Review of Economic Policy*, v. 14, n. 2, p. 18-29, 1998.

BANKER, R. D.; CHARNES, H.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BERGERMAN, M. Inovação como instrumento de geração de riqueza no Brasil: o exemplo dos institutos privados de inovação tecnológica. In: SEMINÁRIOS TEMÁTICOS PARA 3ª CONFERÊNCIA NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. *Revista Parcerias Estratégicas*, n. 20, parte 5, p. 1419-1462, 2005.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; LEWIN, A. Y.; SEIFORD, L. M. *Data envelopment analysis: theory, methodology, and application*. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

- COELLI, T. J. *A guide to DEAP version 2.1: a Data Envelopment Analysis (computer) program*. Cepa 1996 (Working papers , n. 8/96).
- COELLI, T.; RAO, P.; BATTESE, G. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1997.
- COHEN, W.; NELSON, R.; WALSH, J. *Protecting their intellectual assets: appropriability conditions and why U. S. manufacturing firms patent (or not)*. National Bureau of Economic Research – NBER, 2000 (Working paper, n. 7552).
- DE NEGRI, F. Padrões tecnológicos e de comércio exterior das firmas brasileiras. In: DE NEGRI, J. A.; SALERNO, M. S. (Eds.). *Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras*. Brasília: Ipea, 2005.
- FARREL, M. J. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A, part III, p. 253-290, 1957.
- FELDMAN, M. P., AUDRETSCH, D. B. Innovation in cities: science-based diversity, specialization and localized competition. *Europe Economic Review*, v. 43. n. 2, p. 409-429, 1999.
- FREEMAN, C.; SOETE. L. *The economics of industrial innovation*. London: MIT press, 1997.
- GOMES, A. P. Cuidados ao calcular a eficiência do leite. In: XLV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL – SOBER. Londrina, julho 2007.
- GOMES, A. P.; BAPTISTA, A. J. M. S. Análise envoltória de dados: conceitos e modelos básicos. *Métodos quantitativos em economia*. UFV, capítulo 5, 2004, p. 93-128.
- GRYNSZPAN, F. *O investimento privado em P&D pela indústria de transformação brasileira*. Avaliação de políticas de ciência, tecnologia e inovação: diálogos entre experiências estrangeiras e brasileira. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégico –CGEE, 2008.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica*. Rio de Janeiro, 2003.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica*. Rio de Janeiro, 2005.
- LINS, M. P. E.; MEZA, L. A. *Análise envoltória de dados e perspectivas de integração no ambiente do apoio à decisão*. Rio de Janeiro: Editora da Coppe/UFRJ, 2000.
- LOUKOIANOVA, E. Analysis of de efficiency and profitability of de Japanese banking system. *International Monetary Fund*, v. 8, n. 63, 2008.

MENDONÇA, E.; OLIVEIRA, A. O efeito dos contratos de licenciamento sobre a manutenção do segredo da inovação. In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DA ANPEC. *Anais...* Porto Seguro, 2003.

MENDONÇA, E. C.; OLIVEIRA, A. L. R.; PROITE, A.; MENDONÇA, R. P. A. Os contratos de licenciamento e a eficiência técnica dos setores industriais brasileiros: uma análise do método de fronteira estocástica e da análise envoltória de dados (DEA). *Revista Economia* v. 7, n. 3, p. 531-560, 2006.

MOREIRA, M. M.; CORREA, P. G. Abertura comercial e indústria: o que se pode esperar e o que se vem obtendo. *Revista de Economia Política*, v. 17, n. 2 (66), 1997.

ROCHA, R. B.; NETTO, M. A. C. A. Data envelopment analysis model for rank ordering suppliers in the oil industry. *Pesquisa Operacional*, v. 22 n. 2, p. 123-132, 2002.

SCHUMPETER, J. A. *Teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo: Ed. Abril Cultural, 1982 (Coleção Os Economistas).

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; SERAPIÃO, B. P.; LINS, M. P. E. Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. *Pesquisa Operacional*, v. 23, n. 2, p. 325-345, 2003.

VERMULM, R. Estrutura industrial brasileira. In: COSTA, C.; ARRUDA, C. (Eds.). *Em busca do futuro: a competitividade no Brasil*. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

Apêndice (dados utilizados nos modelos)

Tabela 1
Dados para 2003 (1)

DMU	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	Y
DMU_1	563	936	52	343	791	1.808	16.827
DMU_2	518	1.021	263	773	172	143	28.442
DMU_3	674	79	30	37	71	637	992
DMU_4	618	277	44	718	237	719	4.666
DMU_5	200	243	21	38	78	418	2.357
DMU_6	1..473	1.710	175	212	382	586	21.087
DMU_7	631	454	24	77	196	160	5.062
DMU_8	59..674	5.203	352	8.710	10.036	1.486	508.470
DMU_9	1..947	1.361	194	310	517	3.555	38.739
DMU_10	4..047	873	128	964	1.137	913	31.140
DMU_11	1..453	418	55	55	126	1.499	7.313
DMU_12	1..250	595	60	144	770	723	4.479
DMU_13	6..743	4.230	655	1.757	1.863	1.018	115.195
DMU_14	1..049	835	23	26	355	271	20.976
DMU_15	321	310	20	46	81	1.213	3.636
DMU_16	939	714	58	102	203	4.866	9.440
DMU_17	4.362	1.381	182	1.663	477	1.956	46.153
DMU_18	881	826	122	106	373	2.021	13.234
DMU_19	540	1.229	59	673	500	312	11.586
DMU_20	8.454	2.949	122	2.011	390	1.652	68.438
DMU_21	588	310	42	153	219	1.201	6.906
DMU_22	6.678	3.100	237	861	583	5.053	43.433
DMU_23	70.671	50.368	1.500	6.285	6.619	3.224	1.362.652

Fonte: IBGE. Pesquisa de Inovação Tecnológica – Pintec.

(1) Variáveis X₁, X₅ e Y são medidas em mil reais; X₆ está medida em nível (mão de obra envolvida em atividades inovativas).

Tabela 2
Dados para 2005 (1)

DMU	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	Y
DMU_1	1.492	1.236	79	333	606	2.694	18.461
DMU_2	1.635	1.893	546	875	386	211	36.988
DMU_3	658	91	33	63	100	763	1.259
DMU_4	1.519	379	26	301	772	1.211	4.349
DMU_5	850	298	13	248	230	199	3.011
DMU_6	2.317	2.699	152	1.778	2.071	546	20.965
DMU_7	627	535	29	264	318	419	5.778
DMU_8	42.226	5.007	379	1.193	8.532	1.743	597.323
DMU_9	1.959	2.092	127	511	692	4.989	42.013
DMU_10	9.293	1.615	127	2.101	1.694	1.210	40.160
DMU_11	1.456	803	83	109	478	1.489	8.643
DMU_12	1.042	570	77	227	464	1.053	4.689
DMU_13	7.014	12.034	713	868	3.527	1.307	192.561
DMU_14	998	1.386	46	46	3.171	293	22.231
DMU_15	368	559	23	112	190	1.897	4.767
DMU_16	2.257	1.164	105	265	408	5.656	11.587
DMU_17	4.939	717	256	486	396	1.297	49.055
DMU_18	1.676	611	79	97	1.230	3.198	16.125
DMU_19	1.332	379	84	41	231	332	12.129
DMU_20	14.434	9.281	289	2.574	813	2.133	105.552
DMU_21	886	377	52	91	130	2.271	8.168
DMU_22	14.684	5.675	607	3.895	4.041	6.530	61.112
DMU_23	99.958	73.287	4.788	27.090	28.989	4.466	1.927.617

Fonte: IBGE. Pesquisa de Inovação Tecnológica – Pintec.

(1) Variáveis X_1 , X_3 e Y são medidas em mil reais; X_6 está medida em nível (mão de obra envolvida em atividades inovativas).

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

Chrystian Soares Mendes – chrystian.mendes@ufv.br

Endereço postal: Rua Benjamin Araújo, nº 182, ap. 302. Bairro Centro
Viçosa, MG. CEP.: 36570-000

Luckas Sabioni Lopes – lucas.lopes@ufv.br

Endereço postal: Rua João José Araújo, nº20, ap.202. Bairro Clélia Bernardes
Viçosa, MG. CEP.: 36570-000

Adriano Provezano Gomes – apgomes@ufv.br

Departamento de Economia
Universidade Federal de Viçosa
Viçosa, MG. CEP.: 36570-000
Tel: (31) 3899-2457