

# INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, EFICIÊNCIA DE ESCALA E AS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS

João Alberto De Negri<sup>1</sup>

Fernando Freitas<sup>2</sup>

## Resumo

Há um amplo entendimento sobre a necessidade de o Brasil aumentar suas exportações. Entre economistas é também consensual que a indústria brasileira deve se inserir internacionalmente, do ponto de vista do seu desempenho exportador, naqueles produtos onde as firmas tenham vantagens competitivas. A questão especialmente relevante neste contexto é definição de qual tipo de indústria o Brasil possui vantagens competitivas efetivas ou potenciais. O entendimento sobre esta questão não é consensual entre os economistas. Inovação tecnológica é um dos determinantes das exportações das firmas no Brasil? Este artigo procura evidências que possam ajudar a responder esta questão. Além desta questão o artigo procura medir o impacto sobre as exportações brasileiras de um aumento médio em uma variável que afeta a propensão à inovação tecnológica da firma, a escolaridade da mão de obra empregada nas empresas, e de um aumento médio na eficiência de escala. Os resultados empíricos deste artigo têm como base informações por firmas e sugerem que as empresas que realizam inovação tecnológica têm 16% mais chances de serem exportadoras do que as firmas que não fazem inovações. O aumento de 20% na eficiência de escala da média das firmas na indústria brasileira, aumentaria em 4,2% a probabilidade da firma ser uma exportadora. Simulações tomando como base os resultados do modelo sugerem que 81,6% do aumento das exportações resultantes de variações positivas na eficiência de escala e na propensão a realizar inovação tecnológica da firma seria resultante das exportações das firmas que não exportam e que passariam a exportar. Isto parece indicar que a ampliação do número de firmas brasileiras exportadoras depende de forma especialmente relevante de variáveis internas à firma e que afetam a sua competitividade no mercado externo, como eficiência de escala e propensão à inovação tecnológica.

## Abstract

It has an agreement on the necessity of Brazil to increase its exportations. Between economists it is also consensual that the Brazilian industry must be inserted internationally, of the point of view of its exporting performance, in those products where the firms have competitive advantages. The especially excellent question in this context is definition of which type of industry Brazil has competitive advantages, effective or potentials. The agreement on this question is not consensual between the economists. Technological innovation is one of the determinative ones of the exportations of the firms in Brazil? This article search evidences that can help to answer this question. The article measure the impact on the Brazilian exportations of an average increase in one variable that affects the propensity to the technological innovation of the firm, the schooling of workers used in the companies, and of an average increase in the scale efficiency. The empirical results of this article have information for firms and suggest that the companies who carry through technological innovation have 16% more possibilities to be exporting of that the firms that do not make innovations. The increase of 20% in the efficiency of scale of the average of the firms in the Brazilian industry, would increase in 4,2% the probability

---

<sup>1</sup> Pesquisador do IPEA. Email: denegri@ipea.gov.br

<sup>2</sup> Consultor do IPEA. Email: fernando.freitas@ipea.gov.br

of the firm to be an exporter. Simulations taking as base the results of the model suggest that 81.6% of the increase of the resultant exportations of positive variations in the efficiency of scale and the propensity to carry through technological innovation of the firm would be resultant of the exportations of the firms that they do not export and that they would start to export. This seems to indicate that the increasing of the number of exporting Brazilian firms depends on especially excellent form of internal variable of the firm and that affect its competitiveness in the external market, as efficiency of scale and propensity to the technological innovation.

Classificação JEL: F12 O10

Palavras-chave: comércio internacional, inovação tecnológica, eficiência de escala.

Key Words: international trade, technological innovation, efficiency of scale.

ÁREA 3: Economia Internacional e Finanças

## 1- INTRODUÇÃO

Ganhou força, no final da década de 1980, o argumento de que os inúmeros instrumentos de política industrial e comercial que estavam em vigor discriminavam consistentemente setores intensivos em mão-de-obra como agricultura, extrativa mineral e algumas indústrias da indústria de transformação, onde o custo dos recursos domésticos era relativamente mais baixo. A melhor maneira de corrigir estas distorções seria promover a abertura da economia e eliminar o apoio governamental à produção, pois ele acabava sendo absorvido quase inteiramente por setores onde o custo dos recursos domésticos era relativamente mais alto. Estas medidas corrigiram as distorções na alocação dos recursos do país e permitiu que o Brasil exercesse seu potencial de vantagens comparativas. Nesse contexto, a abertura comercial e a eliminação de inúmeros instrumentos de incentivos à produção doméstica e às exportações passaram a assumir um papel central na estratégia de desenvolvimento da economia brasileira na década de 1990. Os primeiros passos para a abertura econômica foram dados em 1988, por meio da remoção de inúmeros incentivos à produção e de restrições que tornavam proibitivas as importações. As barreiras tarifárias foram reduzidas seguindo um cronograma que se encerrou em meados de 1993.

Na segunda metade da década de 1990, após o processo de abertura da economia e, de forma especialmente relevante, a partir da estabilização da economia, a trajetória crescente do déficit em conta corrente trouxe à tona o debate sobre a sustentabilidade do crescimento da economia. Novamente, no centro deste debate está o desempenho das exportações brasileiras. A questão fundamental é que a conciliação entre estabilidade econômica, crescimento e equilíbrio das contas externas depende, *ceteris paribus*, das taxas de crescimento das exportações. Uma trajetória sustentável para a relação entre o passivo externo e o PIB reduz a vulnerabilidade da economia brasileira aos choques externos.

Em 2003 o debate sobre a política industrial ganhou importância no âmbito do Governo Federal. Diferente das políticas industriais do passado a Política Industrial Tecnológica e de Comércio Exterior anunciada no início de 2004 dá prioridades aos mecanismos horizontais de apoio à indústria e está fortemente voltada para ampliar a inserção da indústria brasileira no comércio internacional via inovação tecnológica. Estaria correta a direção desta política? Se a inovação tecnológica for um dos determinantes das exportações brasileiras é plausível acreditar que políticas horizontais de apoio a inovação tecnológica possam ser bem sucedidas.

De forma geral parece haver um amplo entendimento sobre a necessidade de o Brasil aumentar suas exportações. Entre economistas é também consensual que a indústria brasileira deve se inserir internacionalmente, do ponto de vista do seu desempenho exportador, naqueles produtos onde as firmas tenham vantagens competitivas. A questão especialmente relevante neste contexto é definição de qual tipo de indústria o Brasil possui vantagens competitivas efetivas ou potenciais. O entendimento sobre esta questão não é consensual entre os economistas.

Estudos sobre o desempenho das exportações brasileiras não são recentes. Evidências sobre o comércio baseado na abundância relativa de fatores são encontradas em diversos trabalhos dentre eles em Braga (1988), Hidalgo (1985), Lafeta Machado (1997), Pinheiro et.al. (1993). Evidências de comércio intra-indústria e intra-firma do Brasil com outras economias são encontradas em Baumann (1993), Braga e Hickmann (1988), Hidalgo (1990 e 1993), Luque (1977). De Negri (2003) encontrou evidências de que os

ganhos de produtividade total dos fatores que a firma industrial no Brasil pode obter com o aumento da eficiência de escala são positivamente relacionados com a probabilidade dela tornar-se exportadora. Estes estudos parecem sugerir que o Brasil poderia ser considerado um país em desenvolvimento diferente da média, pois, apesar de sua abundância em recursos naturais e mão-de-obra, o que torna o país competitivo nas exportações de bens que demandam maior dotação relativa destes fatores, as características das firmas instaladas no território nacional parecem mostrar que elas têm escala de produção competitivas internacionalmente.

As evidências indicam, portanto, que o paradigma dominante<sup>3</sup> na literatura sobre os determinantes do comércio internacional que afirma que o comércio Norte-Sul se deve às tradicionais vantagens comparativas determinadas pela dotação de fatores de produção dos países e associado ao comércio interindústria, enquanto que o comércio Norte-Norte baseia-se em economias de escala e diferenciação de produto e está, essencialmente, associado ao comércio intra-indústria, poderia não ser automaticamente aplicado para o caso brasileiro. Apesar do Brasil estar inserido no comércio internacional via exportações de bens intensivos em recursos naturais e mão-de-obra, as especificidades da sua base industrial permite que ele também esteja inserido nas exportações de bens que são produzidos com tecnologias que exibem rendimentos crescentes de escala.

Apesar das diversas evidências sobre os determinantes das exportações brasileiras há ainda uma lacuna na literatura quanto o tema é inovação tecnológica e sua relação com o desempenho exportador das firmas no Brasil. Inovação tecnológica é um dos determinantes das exportações das firmas no Brasil? Este artigo procura evidências que possam ajudar a responder esta questão. Além desta questão, o artigo procura medir o impacto sobre as exportações brasileiras de um aumento médio em uma variável que afeta a propensão à inovação tecnológica da firma, a escolaridade média da mão de obra empregada nas empresas, e de um aumento médio na eficiência de escala. O efeito sobre as exportações brasileiras é decomposto em dois valores: i) o valor relativo ao aumento das exportações das firmas que já são exportadoras e ii) o valor relativo às exportações das firmas que não exportam, mas que passariam a exportar com o aumento da eficiência de escala e da propensão a inovar. Os resultados desta decomposição são relevantes pois caso a maior parte do aumento for creditado ao item "ii", isto pode indicar que fatores competitivos internos à firma relacionados à escala de produção e a inovação tecnológica são decisivos para aumentar o número de firmas exportadoras no Brasil.

Os resultados empíricos deste artigo estão baseados em micro-dados da Pesquisa Industrial Anual (PIA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Pesquisa sobre Inovação Tecnológica (PINTEC) do IBGE, do Relatório Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) do Ministério de Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior (MDIC).<sup>4</sup> A PIA foi responsável pelo fornecimento das informações sobre faturamento, valor adicionado, pessoal ocupado na produção, setor industrial da firma e gastos com energia elétrica. Da SECEX foram extraídas as informações sobre as exportações das firmas. Da RAIS foi extraída a informação sobre o tempo de estudo e o

---

<sup>3</sup> Sobre determinantes do comércio internacional ver dentre outros: Dosi et al. (1990), Ethier (1982 e 1995), Grossman and Helpman (1994), Helpman and Krugman (1985), Krugman (1981 e 1986) e Lancaster (1980).

<sup>4</sup> Este banco de dados foi organizado pelo IPEA. O IPEA não tem a posse física das informações utilizadas neste trabalho e, portanto, a realização de trabalhos como este só é possível devido às parcerias estabelecidas entre o IPEA, o IBGE, o MTE e a SECEX/MDIC. O acesso às informações necessárias ao trabalho seguiu rigorosamente os procedimentos que garantem o sigilo de informações restritas

tempo de permanência do trabalhador na firma. A PINTEC foi utilizada para identificar as firmas que realizaram inovação tecnológica.

O artigo está dividido em 4 seções incluindo esta introdução. A seção 2 procura mostrar que inovação tecnológica afeta positivamente a probabilidade da firma brasileira exportar. A seção 3 mensura o impacto sobre as exportações de um aumento na eficiência de escala e na propensão à inovação tecnológica da firma. A seção 4 sintetiza os resultados.

## **2 – EFICIÊNCIA DE ESCALA, ESCOLARIDADE DA MÃO DE OBRA OCUPADA NAS FIRMAS EXPORTADORAS E NÃO EXPORTADORAS NA INDÚSTRIA BRASILEIRA.**

A estimativa da eficiência de escala das firmas na indústria de transformação brasileira utilizada neste trabalho foi realizada por De Negri (2003) utilizando fronteira de produção determinística para trinta agrupamentos da indústria de transformação no Brasil. O processo gerador das estimativas é implementado por meio de programação linear. Este procedimento é conhecido na literatura por *Data Envelopment Analysis* (DEA).<sup>5</sup> O DEA parte da premissa de que existe uma fronteira de produção que envolve as firmas na indústria. Como as firmas são heterogêneas, a distância da firma à fronteira varia para cada unidade produtiva. Esta distância estabelece a medida de eficiência técnica da firma. Quando a estimativa é baseada na produção, a eficiência é igual a produtividade total dos fatores (PTF).<sup>6</sup> A eficiência de escala mensura a PTF da firma em relação à escala mais produtiva, ou seja, em relação ao ponto onde a elasticidade de escala é igual à unidade. A escolaridade média do trabalhador na firma industrial brasileira é obtida por observação direta. Os resultados são apresentados na tabela 1.

---

<sup>5</sup> Ver Charnes, Cooper e Rhodes (1978 e 1981) e Banker, Charnes e Cooper (1984) Coelli, T., Rao, D. and Battese, G. (1998),

<sup>6</sup> Para maiores detalhes sobre o método ver Coelli, Rao e Battese, (1998)

**TABELA 1 – Média aritmética da eficiência de escala e da escolaridade média da mão-de-obra, nas firmas exportadoras e não exportadoras, na indústria de transformação brasileira – 1996/2000**

INDÚSTRIA	FIRMA	Eficiência de escala média	Escolaridade
	não export.	0,41	6,73
<b>TOTAL DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO</b>	export.	0,71	7,34
	não export.	0,31	6,50
PRODUTOS ALIMENTÍCIOS E BEBIDAS	export.	0,70	6,74
	não export.	0,50	5,76
PRODUTOS DO FUMO	export.	0,91	5,61
	não export.	0,59	6,62
PRODUTOS TÊXTEIS	export.	0,78	6,84
	não export.	0,11	6,97
CONFEÇÃO DE ARTIGOS DO VESTUÁRIO E ACESSÓRIOS	export.	0,37	7,15
PREPARAÇÃO DE COUROS E ARTEFATOS DE COURO, ARTIGOS DE VIAGEM E CALÇADOS	não export.	0,62	6,36
	export.	0,84	6,06
	não export.	0,53	5,35
PRODUTOS DE MADEIRA	export.	0,77	5,28
	não export.	0,68	6,98
CELULOSE, PAPEL E PRODUTOS DE PAPEL	export.	0,88	7,50
	não export.	0,38	8,38
EDIÇÃO, IMPRESSÃO E REPRODUÇÃO DE GRAVAÇÕES	export.	0,65	8,87
	não export.	0,36	5,69
COQUE, REFINO DE PETRÓLEO E PRODUÇÃO DE ÁLCOOL	export.	0,61	6,44
	não export.	0,59	8,75
PRODUTOS QUÍMICOS INORGÂNICOS E ORGÂNICOS	export.	0,80	9,69
RESINAS E ELASTÔMEROS E FIBRAS, FIOS, CABOS E FILAMENTOS CONTÍNUOS, ARTIFICIAIS E SINTÉTICOS	não export.	0,65	6,88
	export.	0,91	8,82
	não export.	0,39	7,06
PRODUTOS FARMACÊUTICOS	export.	0,60	9,37
DEFENSIVOS AGRÍCOLAS, SABÕES, ARTIGOS DE PERFUMARIA, TINTAS, VERNIZES, ESMALTES, LACAS ...	não export.	0,30	7,48
	export.	0,70	8,73
	não export.	0,39	6,76
ARTIGOS DE BORRACHA E PLÁSTICO	export.	0,69	7,51
	não export.	0,53	5,37
PRODUTOS DE MINERAIS NÃO-METÁLICOS	export.	0,62	6,68
	não export.	0,65	6,66
METALURGIA BÁSICA	export.	0,84	7,03
	não export.	0,48	6,77
PRODUTOS DE METAL - EXCLUSIVE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	export.	0,72	7,33
MOTORES, BOMBAS, COMPRESSORES, EQUIPAMENTOS DE TRANSMISSÃO E DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS DE ...	não export.	0,52	6,70
	export.	0,80	7,34
TRATORES E DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS PARA A AGRICULTURA, AVICULTURA E OBTENÇÃO DE ...	não export.	0,45	7,29
	export.	0,82	7,63
	não export.	0,43	7,32
MÁQUINAS-FERRAMENTA E DE EQUIPAMENTOS DE USO ESPECÍFICO	export.	0,76	8,08
	não export.	0,34	7,34
ELETRODOMÉSTICOS	export.	0,55	8,04
	não export.	0,47	9,40
MÁQUINAS PARA ESCRITÓRIO E EQUIPAMENTOS DE INFORMÁTICA	export.	0,70	10,04
GERADORES, TRANSFORMADORES E MOTORES ELÉTRICOS E DE EQUIPAMENTOS PARA DISTRIBUIÇÃO...	não export.	0,38	7,60
	export.	0,69	8,28
PILHAS, BATERIAS E ACUMULADORES ELÉTRICOS E LÂMPADAS E EQUIPAMENTOS DE ILUMINAÇÃO E DE...	não export.	0,41	7,35
	export.	0,74	8,00
	não export.	0,46	8,30
MATERIAL ELETRÔNICO E DE APARELHOS E EQUIPAMENTOS DE COMUNICAÇÕES	export.	0,84	9,34
EQUIPAMENTOS DE INSTRUMENTAÇÃO MÉDICO-HOSPITALARES, INSTRUMENTOS DE PRECISÃO....	não export.	0,46	8,20
	export.	0,79	8,81
FABRICAÇÃO E MONTAGEM DE VEÍCULOS AUTOMOTORES, REBOQUES E CARROCERIAS	não export.	0,66	6,31
	export.	0,81	8,21
	não export.	0,15	6,88
PEÇAS E ACESSÓRIOS PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES	export.	0,49	7,84
	não export.	0,54	6,81
OUTROS EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE	export.	0,80	7,45
	não export.	0,30	6,60
MÓVEIS E INDÚSTRIAS DIVERSAS	export.	0,64	6,92

Fonte: De Negri (2003).

Analisando-se o indicador de eficiência de escala para o total da indústria de transformação demonstra-se que para as firmas exportadoras o coeficiente de eficiência de escala é de 0,71, ao passo que para as firmas não exportadoras a eficiência de escala é de 0,41. Isto significa que, na média, as firmas exportadoras obtêm 71% da PTF que é alcançada pela escala mais produtiva estimada a partir da fronteira de produção da sua indústria. No caso das firmas não exportadoras, a produtividade é 41% da PTF obtida pela escala ótima. Em média, o coeficiente de eficiência de escala das firmas exportadoras é 73% maior do que o coeficiente de escala das firmas não exportadoras. O significado deste último percentual é especialmente relevante. Este percentual indica que o fato das firmas exportadoras operarem mais próximas da escala ótima lhes permite obter 73% a mais de PTF do que as firmas não exportadoras.

De uma maneira geral, os resultados observados no agregado da indústria de transformação se repetem para todos os setores industriais indistintamente. Mesmo quando são comparados os setores intensivos em recursos naturais e mão-de-obra pouco qualificada, onde a princípio os rendimentos crescentes de escala são relativamente menos relevantes, com os setores intensivos em capital, não foi observado um padrão de comportamento do indicador diferente da média.

A escolaridade média do trabalhador na firma é também uma variável especialmente relevante. É plausível acreditar que firmas de maior conteúdo tecnológico empregam mão de obra mais qualificada. É também razoável acreditar que firmas que empregam mão de obra mais qualificada tem maior capacidade realizar inovação tecnológica, ou seja, a propensão à inovação tecnológica está diretamente associada à escolaridade média dos trabalhadores ocupados na firma. As estatísticas da tabela 1 mostram que na média as firmas exportadoras empregam mão de obra mais qualificada. A média da escolaridade do trabalhador nas firmas não exportadoras é de 6,73 anos e nas firmas exportadoras é de 7,34. De maneira geral esta tendência se repete em todas as demais indústrias.

As variáveis inovação tecnológica e eficiência de escala são estatisticamente significativas na probabilidade da firma brasileira exportar? Para responder esta pergunta foi estimado um modelo probabilístico *probit* onde a variável dependente é a condição da firma ser ou não exportadora e as variáveis explicativas são a eficiência de escala, a condição da firma ter ou não realizado uma inovação tecnológica e *dummies* por divisão da Classificação Nacional de Atividade Econômica (CNAE). Os resultados são apresentados na tabela 2.

**Tabela 2 – Probabilidade marginal da firma ser exportadora em função da inovação tecnológica e da eficiência de escala.**  
(Modelo probabilístico probit, ano 2000)

Variáveis explicativas	Variável dependente = Exportadora	
	Parâmetro (desvio Padrão)	Prob Marginal
Inovadora (inovação tecnológica)	0,50*** (0,02)	0,16
Eficiência de escala	1,33*** (0,03)	0,42
Estatísticas do modelo	Intercepto: -1,99 (0,001) Loglikelihood: -15269,65 Nº obs: 8622 Nº Parâmetros: 28 Loglikelihood <sub>0</sub> : -24219,96 R2: 0,37 OBS: <i>Dummies</i> por divisão CNAE não reportadas	

Fonte: PINTEC-IBGE, PIA, SECEX e RAIS

Elaboração própria.

Notas: \*\*\* = significativo a 1%,

Os resultados apresentados na tabela 2 mostram que a probabilidade da firma ser exportadora aumenta em 16% se ela realiza inovação tecnológica. No caso dos rendimentos crescentes de escala o aumento em 0,1 no índice de eficiência de escala, ou seja, um aumento de aproximadamente 20% na eficiência média de escala das firmas, aumentaria em 4,2% a probabilidade da firma ser uma exportadora na indústria brasileira.

Estes resultados são especialmente relevantes do ponto de vista da inserção externa da indústria brasileira, pois demonstram que, apesar do Brasil ser reconhecidamente competitivo nos bens intensivos em mão-de-obra e recursos naturais, inovação tecnológica e rendimentos crescentes de escala determinam também a inserção internacional da indústria brasileira. Neste sentido, as evidências parecem indicar que o Brasil é de fato um país em desenvolvimento diferente da média, pois sua indústria já está inserida em alguns mercados internacionais típicos dos países desenvolvidos, mercados nos quais o padrão de competição depende de rendimentos de escala e inovação tecnológica. Neste sentido, os resultados parecem indicar que políticas horizontais que busquem ampliar a inserção da indústria brasileira no comércio internacional de bens nos quais o padrão de competição é via inovação tecnológica podem ser bem sucedidas, pois afinal, inovação tecnológica é um dos determinantes das exportações brasileiras.

Se o Brasil já está inserido nos mercados internacionais nos quais rendimentos crescentes de escala e inovação tecnológica são os principais fatores de competição entre as firmas, qual seria a importância de um aumento na eficiência de escala e na propensão à inovação tecnológica da firma sobre as exportações brasileiras? Quanto do aumento das exportações seria creditado ao aumento das exportações das firmas que já exportam e quanto seria resultante das exportações de firmas que não exportam, mas que passariam a exportar? A próxima seção procura responder estas questões.



### 3 – A UTILIZAÇÃO DE MODELO *TOBIT* PARA ESTIMAR A IMPORTÂNCIA DOS RENDIMENTOS CRESCENTES DE ESCALA E DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NAS EXPORTAÇÕES DAS FIRMAS BRASILEIRAS

A questão especialmente relevante deste artigo é estimar o aumento das exportações brasileiras que seriam resultantes de um aumento médio na eficiência de escala e na propensão à inovação tecnológica das firmas. Neste artigo, a escolaridade média dos trabalhadores ocupados na firma é utilizada como uma *proxy* para a propensão à inovação tecnológica das firmas. Acredita-se que quanto maior a escolaridade maior a capacidade inovativa das firmas. O artigo não está interessado apenas em estimar o aumento das exportações, mas também de decompor o aumento das exportações em dois valores: o valor que seria resultante do aumento das exportações das firmas que já exportam e o valor das exportações das firmas que não exportam mas que passariam a exportar. O modelo tobit é um instrumento adequado para estudar estes efeitos.

A formulação geral para o modelo tobit<sup>7</sup> é dado em termos de uma equação estrutural, também chamado de função índice:

$$y^*_i = X_i\beta + \varepsilon_i \quad (1)$$

Para esta função é assumido que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média 0 e variância constante,  $\sigma^2$  ( $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ ), sendo ainda independentes de  $X_i$ . O vetor dos parâmetros,  $\beta$ , representa os coeficientes a estimar. As variáveis independentes ( $X_i$ ) são observadas para todos os casos, ao passo que a variável-índice  $y^*$ , também chamada de variável latente, é observada apenas para valores superiores a zero e censurada para valores iguais a zero. A variável que é efetivamente observada ( $y_i$ ) é então definida do seguinte modo:

$$\begin{aligned} y_i &= X_i\beta + \varepsilon_i & \text{se } X_i\beta + \varepsilon_i > 0 \\ &= 0 & \text{se } X_i\beta + \varepsilon_i \leq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Este modelo descreve duas situações: uma é a probabilidade de  $y_i$  ser igual a zero; e a outra é a distribuição de  $y_i$ , sendo esta variável positiva. O valor esperado de  $y_i$  no modelo é:

$$E(y_i \mid X_i) = X\beta F(z) + \sigma f(z) \quad (3)$$

onde

$$z = Xb/s$$

$f(z)$  = densidade normal unitária.

---

<sup>7</sup> Ver Greene (2000) e Johnston e DiNardo (1997)

$F(z)$  = distribuição acumulada da normal.

Da equação 3 resulta que o efeito marginal de uma variação em  $X_{ik}$  no valor esperado de  $y_i$  é dado por:

$$\frac{\partial E[y_i | X_i]}{\partial x_{ik}} = \beta_k \phi(X_i' \beta / \sigma) \quad (4)$$

Isto mostra que o efeito marginal de uma variação em  $X_{ik}$  sobre o valor esperado para  $y_i$  é dado pelo coeficiente do modelo multiplicado pela probabilidade de se obter um resultado positivo. Se esta probabilidade for 1, o efeito marginal é simplesmente  $\beta_k$ , como no modelo linear estimado pelo método dos mínimos quadrados (OLS).

McDonald e Moffit (1980) propuseram a seguinte decomposição:

$$\frac{\partial E[y_i | X_i]}{\partial x_k} = F(z) \beta_i \left[ 1 - \frac{zf(z)}{F(z)} - \frac{f(z)^2}{F(z)^2} \right] + \frac{f(z) \beta_i}{\sigma} \left( z + \frac{f(z)}{F(z)} \right) \quad (5)$$

A mudança total no valor de  $y_i$  pode ser avaliada em duas partes bastante intuitivas. A mudança em  $y_i$  causada pelos valores acima do limite, ponderada pela probabilidade de se estar acima do limite e a mudança na probabilidade de se estar acima do limite, ponderada pelo valor esperado de  $y$  quando acima do limite.

A estimação do modelo tobit é feita através do método da máxima verossimilhança. A função de verossimilhança do tobit é instrutiva. Para todas as observações em que  $y^* \leq 0$  a contribuição para a verossimilhança será dada por  $\text{prob}(y^* \leq 0)$  que é

$$\text{prob}(-X_i \beta \leq \varepsilon_i) = \text{prob}\left(\frac{-X_i \beta}{\sigma} \leq \frac{\varepsilon_i}{\sigma}\right) = 1 - \left(\frac{-X_i \beta}{\sigma}\right) \quad (6)$$

Para uma observação  $y^* > 0$ , a contribuição para a verossimilhança é

$$\text{prob}(y^* > 0) \phi(y_i^* | y^* > 0) = \Phi\left(\frac{X_i \beta}{\sigma}\right) \frac{1}{\sigma} \frac{\phi[(y_i - X_i \beta) / \sigma]}{\Phi(X_i \beta / \sigma)} \quad (7)$$

E, juntando ambas as partes, temos a função de verossimilhança:

$$L = \prod_{y_i|y_i=0} \left[ 1 - \Phi\left(\frac{-X_i\beta}{\sigma}\right) \right] \cdot \prod_{y_i|y_i>0} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(y_i - X_i\beta)^2}{\sigma^2}\right] \quad (8)$$

Logaritimizando a verossimilhança

$$l = \sum_{y_i|y_i=0} \ln \left[ 1 - \Phi\left(\frac{-X_i\beta}{\sigma}\right) \right] + \sum_{y_i|y_i>0} \ln \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} - \frac{1}{2} \frac{(y_i - X_i\beta)^2}{\sigma^2} \quad (9)$$

A heterocedasticidade é um sério problema no modelo tobit, pois causam viés nos parâmetros estimados. A versão heterocedástica do modelo tobit se obtém fazendo  $\sigma^2 = f(z'\gamma)$ . No presente estudo utilizou-se,  $f(x) = \exp(x)$  onde  $z'\gamma$  é o escore de tamanho produzindo  $\gamma_0 + \gamma_{\text{eficiênciadeescala}}$ . A forma funcional do modelo heterocedástico assume a seguinte especificação:

$$f(z'\gamma) = \sigma^2 \exp(z'\gamma) \quad (10)$$

Onde:

$\gamma$  = parâmetro a estimar

$Z_i$  = vetor de variáveis explicativas.

A nova função de verossimilhança se obtém substituindo  $\sigma^2$  pela expressão de (10) na equação (9). Esta função é estimada por máxima verossimilhança para  $\beta$  e  $\gamma$ .

Para este trabalho foram estimados modelos tobits utilizando informações por firmas para trinta segmentos da indústria de transformação, conforme definido na equação 9 para o caso homocedástico e na equação 10 para o caso heterocedástico. Para a probabilidade marginal utilizou-se a decomposição mostrada na equação 5. A variável dependente dos modelos é a quantidade exportada pela firma e as variáveis explicativas são a eficiência de escala e a escolaridade média da mão de obra dos trabalhadores ocupados na firma. No modelo para toda a indústria de transformação foram incluídas *dummies* para divisão CNAE. Os resultados do intercepto e das *dummies* por divisão CNAE não foram reportados. Nas linhas da tabela 3 são apresentados os resultados das estimativas, para o modelo homocedástico e heterocedástico para os trinta setores industriais, do parâmetro ( $\beta$ ) para as variáveis explicativas eficiência de escala e escolaridade, seus respectivos desvios padrão (DP), e as probabilidades marginal para as firmas exportadoras (Pmg Exp) e para as firmas não exportadoras (Pmg N Exp).

**Tabela 3– Efeito marginal do aumento da eficiência de escala e da propensão à inovação sobre as exportações brasileiras.**  
(modelo tobit ano=2000)

Industria	Estimativa	Homocedástico			Heterocedástico		
		Eficiência de Escala	Escolari-dade	Log MaxVeros.	Eficiência de Escala	Escolari-dade	Log MaxVeros.
INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO	$\beta$	34889***	2666***	146449	27621***	2568***	146398
	DP	(602,86)	(99,42)		(877,91)	(97,55)	
	Pmg Exp	1004,52	76,75		653,30	60,73	
	Pmg N Exp	4171,26	318,72		2894,45	269,08	
PRODUTOS ALIMENTÍCIOS E BEBIDAS	$\beta$	63330,8***	1411,1***	-21.033,70	52797,4***	1414,4***	13845,4
	DP	(2937,4)	(550,7)		(4366,5)	(535,4)	
	Pmg Exp	1127,4	25,1		826,4	22,1	
	Pmg N Exp	5454,9	121,5		4153	111,2	
PRODUTOS DO FUMO	$\beta$	196235,4***	-3443,5	-525,64	45217,5	-8497,0	350,9
	DP	(5044,3)	(6740,4)		(37705,5)	(6884,7)	
	Pmg Exp	8014,4	--		--	--	
	Pmg N Exp	29389,7	--		--	--	
PRODUTOS TÊXTEIS	$\beta$	6562,3***	566,8***	-11.463,60	16724,4***	424***	-6987,8
	DP	(752)	(140,3)		(1160,5)	(103,6)	
	Pmg Exp	253,9	21,9		1651	41,8	
	Pmg N Exp	950	82		4127,6	104,6	
CONFEÇÃO DE ARTIGOS DO VESTUÁRIO E ACESSÓRIOS	$\beta$	3979,4***	54,1*	-8.789,70	-151,7**	4,7	-4651,9
	DP	(204,5)	(35,3)		(75,4)	(3,7)	
	Pmg Exp	38,4	0,5		-0,3	--	
	Pmg N Exp	220,5	3		-3	--	
PREPARAÇÃO DE COURO E ARTEFATOS DE COURO...CALÇADOS	$\beta$	7507,2***	-710,06***	-15.590,80	20228,1***	-644,1***	-9513,4
	DP	(832,8)	(182,7)		(1477,9)	(135,5)	
	Pmg Exp	454,3	-42,9		2380,6	-75,8	
	Pmg N Exp	1424,8	-134,7		5425,6	-172,7	
PRODUTOS DE MADEIRA	$\beta$	4889,4***	278,26***	-13.246,30	8592,5***	314,1***	-8014,1
	DP	(421,3)	(76)		(671,1)	(73,6)	
	Pmg Exp	248,2	14,1		688,7	25,1	
	Pmg N Exp	836,7	47,62		1905,9	69,6	
CELULOSE, PAPEL E PRODUTOS DE PAPEL	$\beta$	78444,3***	6368,1***	-5.808,60	13426,1***	5302,8***	-3788,8
	DP	(9259,7)	(1058,5)		(10215,3)	(947,4)	
	Pmg Exp	1905,5	154,6		7,1	2,8	
	Pmg N Exp	8370,1	679,5		73,6	29,1	
EDIÇÃO, IMPRESSÃO E REPRODUÇÃO DE GRAVAÇÕES	$\beta$	1438,8***	98,2***	-3.062,40	1701,5***	93,9***	-1818,4
	DP	(169,2)	(27,2)		(297,6)	(27,1)	
	Pmg Exp	12,2	0,8		18,3	1,1	
	Pmg N Exp	72,4	4,9		102,3	5,6	
COQUE, REFINO DE PETRÓLEO E PRODUÇÃO DE ÁLCOOL	$\beta$	68140,1***	7590***	-2.019,80	-1107,6	-217,3	-1342,2
	DP	(22295,7)	(3131,5)		(28072)	(3000,3)	
	Pmg Exp	3970,7	442,3		--	--	
	Pmg N Exp	12652,2	1409,3		--	--	
PRODUTOS QUÍMICOS INORGÂNICOS E ORGÂNICOS	$\beta$	4210***	1110,7***	-3.329,30	6434,3***	951***	-2021,4
	DP	(1072,8)	(185,9)		(1187)	(172,7)	
	Pmg Exp	258,9	68,3		587,9	86,9	
	Pmg N Exp	806,4	212,7		1527,7	225,8	
RESINAS E ELASTÔMEROS E FIBRAS, FIOS, CABOS E FILAMENTOS....	$\beta$	12321,6***	3898,6***	-4.049,70	28357,9***	2329,8***	-2536,8
	DP	(4248,5)	(480,9)		(5910,3)	(395,6)	
	Pmg Exp	867,8	274,5		514,3	42,2	
	Pmg N Exp	2547,7	806,1		2474,6	203,3	
PRODUTOS FARMACÊUTICOS	$\beta$	20344,8***	5368,2***	-1.799,90	18932,8***	5393,5***	-1129,8
	DP	(8958,9)	(808,1)		(10882,1)	(809,4)	
	Pmg Exp	2354,2	621,2		2131,6	607,2	
	Pmg N Exp	5415,1	1428,8		4976	1417,5	
DEFENSIVOS AGRÍCOLAS, SABÕES, ARTIGOS DE PERFUMARIA, ....	$\beta$	17233,9***	1418,3***	-9.086,90	12960,5***	1258,4***	-5647,2
	DP	(1301,7)	(203,8)		(1562,1)	(194,2)	
	Pmg Exp	719,5	59,2		454,7	44,1	
	Pmg N Exp	2616,8	215,3		1762,6	171,1	
ARTIGOS DE BORRACHA E PLÁSTICO	$\beta$	16726***	1301,2***	-14.768,00	23780,6***	521,4***	-8831,6
	DP	(1172,7)	(197,1)		(1034,8)	(101,9)	
	Pmg Exp	540,8	42		2298,7	50,4	
	Pmg N Exp	2157,8	167,8		5808,4	127,3	

PRODUTOS DE MINERAIS NÃO-METÁLICOS	β	1518,7***	1182,8***	-8.618,50	5503,6***	1101,8***	-5323,2
	DP	(436,8)	(82,1)				
	Pmg Exp	23,4	18,2				
	Pmg N Exp	118,1	92				
METALURGIA BÁSICA	β	86418,9***	9909,9***	-7.575,10	72076***	8903,7***	-5007,1
	DP	(11018,3)	(1525,2)				
	Pmg Exp	3936,9	451,4				
	Pmg N Exp	13849,6	1588,1				
PRODUTOS DE METAL - EXCLUSIVE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	β	3919,9***	529,9***	-14.361,10	7813,3***	441,5***	-8653,9
	DP	(311,8)	(59,4)				
	Pmg Exp	99,9	13,5				
	Pmg N Exp	432,2	58,4				
MOTORES, BOMBAS, COMPRESSORES, EQUIPAMENTOS DE TRANSMISSÃO E ....	β	21044,5***	2023,5***	-2.922,30	31054,9***	578,6***	-1746,5
	DP	(3646,1)	(621,1)				
	Pmg Exp	1162,5	111,7				
	Pmg N Exp	3787,2	364,1				
TRATORES E DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS PARA A AGRICULTURA,...	β	4064,6***	962,2***	-1.514,60	7025,7***	-73,4	-871,5
	DP	(2059)	(391)				
	Pmg Exp	284,8	67,4				
	Pmg N Exp	838	198,4				
MÁQUINAS-FERRAMENTA E DE EQUIPAMENTOS DE USO ESPECÍFICO	β	14021,5***	1875,3***	-10.347,80	13520,6***	324,7***	-5716,7
	DP	(1815,8)	(289,3)				
	Pmg Exp	864,1	115,5				
	Pmg N Exp	2689,1	359,6				
ELETRDOMÉSTICOS	β	13740,8***	1472,9***	-10.677,10	25224,8***	537,5***	-6391,8
	DP	(1499,2)	(280,9)				
	Pmg Exp	967,9	103,7				
	Pmg N Exp	2841,4	304,5				
MÁQUINAS PARA ESCRITÓRIO E EQUIPAMENTOS DE INFORMÁTICA	β	15294,2***	1987,8*	-1.371,80	19484,7***	241,6	-843,1
	DP	(5963,8)	(1041,2)				
	Pmg Exp	812,1	105,5				
	Pmg N Exp	2688,8	349,4				
GERADORES, TRANSFORMADORES E MOTORES ELÉTRICOS E DE ...	β	8110,6***	1101,5***	-4.253,90	14277,1***	655,9***	-2585,2
	DP	(1348,5)	(252,8)				
	Pmg Exp	398,2	54				
	Pmg N Exp	1360,4	184,7				
PILHAS, BATERIAS E ACUMULADORES ELÉTRICOS E LÂMPADAS E .....	β	43825***	3304***	-4.394,00	69573,5***	2623,2***	-2817,9
	DP	(5313,6)	(843,9)				
	Pmg Exp	1479,4	111,5				
	Pmg N Exp	5814,4	438,3				
MATERIAL ELETRÔNICO E DE APARELHOS E EQUIP. DE COMUNICAÇÕES	β	38038,9***	3177,3***	-3.926,40	39218,5***	3175,6***	-2503,4
	DP	(4820,4)	(743,3)				
	Pmg Exp	1595,1	133,2				
	Pmg N Exp	5791,8	483,7				
EQUIPAMENTOS DE INSTRUMENTAÇÃO MÉDICO-HOSPITALARES, ...	β	3872,4***	279,7***	-4.358,00	6596,5***	264,8***	-2578,7
	DP	(528,8)	(80,4)				
	Pmg Exp	201,1	14,5				
	Pmg N Exp	671,9	48,5				
FABRICAÇÃO E MONTAGEM DE VEÍCULOS AUTOMOTORES,...	β	60674	49283***	-1.699,10	-19042,3	-7566,3	-1204,1
	DP	(52173,3)	(7859,6)				
	Pmg Exp	--	1185,1				
	Pmg N Exp	--	5222,7				
PEÇAS E ACESSÓRIOS PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES	β	35741,4***	987,7***	-7.484,70	701,5***	19,3***	-3868
	DP	(2225,8)	(398,7)				
	Pmg Exp	3215,6	88,8				
	Pmg N Exp	8419,9	232,7				
OUTROS EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE	β	17832,9***	1101,7***	-1.936,40	27634,4***	1017,9***	-1222,9
	DP	(3598,5)	(516)				
	Pmg Exp	498,4	30,7				
	Pmg N Exp	2090,4	129,1				
MÓVEIS E INDÚSTRIAS DIVERSAS	β	5549,1***	130,4***	-14.419,90	5907,6***	128,6***	-8601,3
	DP	(260,7)	(48,1)				
	Pmg Exp	158,7	3,7				
	Pmg N Exp	660,7	15,5				

Fonte: PIA-IBGE, SECEX e RAIS

Elaboração própria.

Notas: \*\*\* = significativo a 1%, \*\* = significativo a 5%, \* = significativo a 10%.

Nomenclatura:  $\beta$  = parâmetro; DP = desvio padrão; Pmg Exp = probabilidade marginal para firmas que exportam; Pmg N Exp = probabilidade marginal para firmas que não exportam.

De maneira geral a inclusão de uma especificação para controlar a heterocedasticidade não alterou o sentido dos resultados obtidos no modelo homocedástico, mas os valores estimados sofreram modificações. O sinal do parâmetro foi negativo na variável eficiência de escala para a indústria de confecção de artigos de vestuário e na variável escolaridade para a indústria de preparação de couros e calçados. Estas indústrias são reconhecidamente intensivas em recursos naturais, mão de obra pouco qualificada e pouco intensiva em escala, o que poderia justificar os resultados encontrados. Outros sinais negativos nos parâmetros mostraram-se não significativos.

Para o total da indústria de transformação as estimativas para o modelo heterocedástico apresentadas na tabela 3 mostram que, mantido todo o resto constante, um aumento de 0,1 unidade na eficiência de escala aumentaria em US\$ 354.775 as exportações brasileiras. Deste total US\$ 65.330 seria resultante do aumento das exportações das firma que já exportam e US\$ 289.445 seria creditado às exportações das empresas que não exportavam, mas que passariam a exportar. No caso da variável que procura representar a propensão a inovar das firmas, mantido todo o resto constante, um ano de aumento médio na escolaridade do pessoal ocupado nas firmas resultaria em um acréscimo de US\$ 275.981 nas exportações brasileiras, sendo que U\$ 60.730 seria resultante do aumento das exportações das firmas que já exportam e U\$ 269.080 resultaria das exportações das firmas que não exportam, mas que passariam a exportar. Desta forma, os resultados do modelo sugerem que 81,6% do aumento das exportações resultantes de variações na eficiência de escala e na inovatividade das firma seria resultante das exportações das firmas que não exportavam e que passariam a exportar.

Estes resultados são especialmente relevantes pois existe uma avaliação relativamente consensual entre estudiosos sobre comércio exterior de que o número de firmas exportadoras no Brasil poderia ser ampliado. Atualmente existe algo em torno de 140 mil firmas na indústria brasileira. Destas aproximadamente 18 mil firmas exportam. O fato de 81,6% do aumento das exportações estar sendo creditado às exportações das firmas que não exportam, mas que passariam a exportar com o aumento da eficiência de escala e da capacidade inovativa, indica que existe uma franja de firmas com potencial para estar inserida no comércio internacional desde que superados problemas competitivos internos à firmas e que afetam a sua competitividade no mercado externo como eficiência de escala e propensão a inovar.

#### 4 SÍNTESE

Este artigo encontrou evidências de que inovação tecnológica e eficiência de escala são, dentre outros, determinantes do desempenho exportador das firmas industriais brasileiras. As firmas que realizam inovação tecnológica têm 16% mais chances de serem exportadoras do que as firmas que não fazem inovações. O aumento de 20% na eficiência de escala média das firmas na indústria brasileira, aumentaria em 4,2% a probabilidade da firma ser uma exportadora. Simulações tomando como base os resultados do modelo parecem mostrar que 81,6% do aumento das exportações resultantes de variações positivas na eficiência de escala e na propensão da firma realizar inovação tecnológica seria resultante das exportações das empresas que não exportam e que passariam a exportar.

Os resultados obtidos parecem, portanto, dar suporte a idéia de que políticas horizontais que busquem ampliar a inserção da indústria brasileira no comércio internacional de bens

nos quais o padrão de competição é via inovação tecnológica pode ser bem sucedida, pois afinal, inovação tecnológica é um dos determinantes das exportações brasileiras. Os resultados indicam também que existe uma franja de firmas que não exportam mas que poderiam estar inseridas no comércio internacional desde que superados problemas competitivos internos à firmas que afetam a sua competitividade no mercado externo como eficiência de escala e propensão a inovar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANKER, R. D.; CHARNES, A. & COOPER, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30, p. 1078-1092.
- BAUMANN, R. (1993). Uma Avaliação das Exportações Intrafirma do Brasil:1980 e 1990. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v23, n.3, p. 487-512.
- BRAGA, C. H. e HICKMANN E. (1988), Produtividade e Vantagens Comparativas Dinâmicas na Indústria Brasileira – 1970-83, *XVI Encontro Nacional da ENPEC*
- BRAGA, H. C. (1988). Produtividade e Vantagens Comparativas na Indústria Brasileira: 1970-83. *Anais do 16º Encontro Nacional de Economia – ANPEC*.235-257.
- CHARNES, A., COOPER, W., and ROHDES, E. (1981), Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through, *Management Science*, v.27, Nº 6, 688-697, June 1981.
- COELLI, T., RAO, D. and BATTESE, G. (1998), *An introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers.
- DE NEGRI, J. A. (2003), *Rendimentos Crescentes de Escala e o Desempenho Exportador das Firms Industriais Brasileiras*. Tese Doutorado, UnB.
- DOSI, G., PAVITT, K. SOETE, L. (1990). *The Economics of Technical Change and International Trade*. Harvester/Wheatsheaf.
- ETHIER, W. (1982), National and International Returns to Scale in the Modern Theory of International Trade. *American Economic Review*, 72: 389-405.
- ETHIER, W. (1995), *Modern International Economics*. Third Edition, Norton.
- GROSSMAN, G.M. and HELPMAN, E. (1994), Technology and Trade. *NBER Working Paper nº 4926*.
- GREENE, WILLIAM H., *Econometric Analysis – 4<sup>th</sup> ed 2000*
- HELPMAN, E. and KRUGMAN, P.(1985) *Market Structure and Foreign Trade: Increasing Returns, Imperfect Competition and the International Economy*. MIT press.
- HIDALGO, A. B. (1985). Intensidades Fatoriais na Economia Brasileira: Novo Teste do Teorema de Heckscher-Ohlin. *Revista Brasileira de Economia* 39 (1) 27-55.
- HIDALGO, A. B. (1990). O Comércio Intra-Industrial Brasileiro. *Anais do 18º Encontro Nacional de Economia – ANPEC*.
- HIDALGO, A. B. (1993). Mudanças na estrutura do comércio internacional brasileiro: comércio interindústria x comércio intraindústria. *Anais do 21º Encontro Nacional de Economia – ANPEC*.
- JOHNSTON, J. e DINARDO, J., *Métodos Econométricos 4th ed*.
- KRUGMAN, P. (1981), Intra-industry Specialization and the Gains From Trade. *Journal of Political Economy*, 89(51): 956-73.



- KRUGMAN, P. (1986), A "Technology Gap" Model of International Trade. In JUNGENSELT, K. ed. *Structural Adjustment in Advanced Economies*.
- LAFETÁ MACHADO, D. (1997), A Qualificação da Mão-de-Obra no Comércio Internacional Brasileira: um Teste do Teorema do Heckscher-Ohlin. *20º Prêmio BNDES de Economia*.
- LANCASTER, K.(1980) Intra-industry Trade Under Perfect Monopolistic Competition. *Journal of International Economics* 10:151-75.
- LUQUE, C. A. (1977). Estimativas de Escala e Taxa Efetiva de Incentivos à Exportação. *Pesquisa e Planejamento Econômico* 7(2), 405-422.
- PINHEIRO, A. C. et.al. (1993). Composição Setorial dos Incentivos às Exportações Brasileiras. *Revista Brasileira de Economia*, 47(4) 473-501.