Inovação x eficiência: um estudo empírico para o Polo Industrial de Manaus (2000-2006)

Márcia Jucá Teixeira Diniz¹

Marcelo Bentes Diniz²

José Nilo de Oliveira Júnior³

Resumo: A partir do aporte teórico da chamada teoria Neo-Schumpeteriana no que tange o papel das inovações nos processos produtivos das empresas, investiga-se, para o período 2000-2006, a relação entre a adoção de inovações e seu efeito sobre a eficiência econômica nas empresas localizadas no Pólo Industrial de Manaus (PIM). Utiliza-se para este fim o método paramétrico conhecido como Análise de Fronteira Estocástica de Produção com o objetivo de estimar a eficiência produtiva das empresas, controlando para a introdução de inovações. Os dados da pesquisa compreenderam dois níveis: secundários – oriundos da Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA), e que se referem aos indicadores econômicos de desempenho das empresas; e primários – coletados através da aplicação de um questionário às empresas do PIM cadastradas nessa Instituição. As principais conclusões referem-se à significância da inovação, principalmente, ambiental sobre eficiência, medida pelo faturamento das empresas.

Palavras-chave: Inovação; Eficiência econômica; Polo Industrial de Manaus.

1 Professora do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Pará (UFPA).
E-mail: mjucadiniz@ufpa.br

2 Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Pará (UFPA).
E-mail: mbdiniz@ufpa.br

3 Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal do Pará (UFPA).
E-mail: josenilo@ufpa.br

Abstract: *This article relies on the Neo-Schumpeterian theory of technical change in the production process of firms operating in the Industrial Polo of Manaus (PIM). It was investigated, for the period 2000-2006, the relationship between the adoption of innovations and its effects concerns economic efficiency in the companies located in the Industrial Polo of Manaus (PIM). Using the stochastic production frontier method, the study estimated productive efficiency of the PIM's firms controlling by innovations. This research is supported by two datasets from both primary and secondary sources: secondary data – provided by the Superintendency of Free Trade Zone of Manaus (SUFRAMA) which refers to economic performance indicators of firms in the PIM; the primary data are from a survey realized in the PIM among firms registered at SUFRAMA. The main results derived from the model point out a significant role the innovations to explaining performance of more efficient firms.*

Keywords: *Innovation; Economic efficiency; Industrial Polo of Manaus.*

JEL: O31; L10; C33.

Introdução

O Polo Industrial de Manaus – PIM, integra desde a sua criação, a Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA, em 1967, através do Decreto-Lei nº 288, como parte de um novo redirecionamento geopolítico para região Amazônica que se inaugura com o primeiro governo militar.

Na realidade, o chamado modelo Zona Franca de Manaus – ZFM é composto, além do PIM localizado na capital do estado do Amazonas, de mais dois diferentes arranjos institucionais legais, a saber: o Distrito Agropecuário da SUFRAMA (DAS), com incentivos fiscais voltados ao setor primário, cuja área de abrangência compreende os municípios de Manaus, Rio Preto e Presidente Figueiredo, todos pertencentes ao estado do Amazonas; e as Áreas de Livre Comércio, integradas pelas localidades de fronteira da sub-região da Amazônia Ocidental e ainda os municípios de Macapá e Santana, ambos pertencentes ao estado do Amapá na sub-região da Amazônia Oriental (RIVAS *et al.*, 2009).

De sua criação, alicerçado no chamado Modelo de Substituição de Importações, até os dias atuais, o PIM vem sofrendo transformações de natureza estrutural⁴, em parte relacionada à política econômica vigente em cada governo e a posição “estratégica” que é dada a Amazônia; em parte provocada pelas mudanças do ambiente competitivo, especialmente externo, que impõem processos de reestruturação produtiva constantes às empresas em todos os níveis, e, em muitos casos, a partir da decisão das matrizes de cada empresa, nacional e multinacional – situadas fora do PIM.

4 Transformações ou reconstruções internas no Pólo Industrial de Manaus afetam: à dinâmica organizacional dos setores industriais (relações internas de empresas e fornecedores); a infra-estrutura básica (energia, água, esgoto, rodovias, estradas) e logística capaz de agilizar o transporte e a distribuição dos produtos, no intuito de sua sustentação e sua manutenção.

Na década de 1990, e mais fortemente, nos anos 2000, com a maior competição externa decorrente a abertura da economia nacional, altera-se a legislação da ZFM (Lei nº 8.387/1991), para dar conta de um contexto que exigia maiores investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento, ganhos constantes de eficiência (produtividade) e, portanto, que se pudesse internalizar e difundir inovações.

Nesse contexto três alterações foram fundamentais: i) mudança do critério de acompanhamento do nível de industrialização praticada pelos projetos incentivados em Manaus, baseado no chamado Processo Produtivo Básico – PPB, cuja lógica era estabelecer o conjunto mínimo de etapas que permitiria caracterizar um efetivo processo de industrialização, com agregação de valor e sem restrições quanto à aquisição de insumos e componentes; ii) incorporação de mecanismos de avaliação e difusão da qualidade, como a obrigatoriedade de implantação de sistemas de normalização (ex. ISO 9000), inspirados no Programa Nacional de Qualidade e Produtividade (PNQP); iii) incorporação de mecanismos de indução de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), através do estabelecimento da obrigatoriedade da aplicação de parte do faturamento bruto das indústrias de bens de informática em P&D (Rivas *et al.*, 2009).

Esta última fase denominada de *High Tech*⁵ (Machado *et al.* 2006) dá uma nova natureza à competitividade das empresas situadas no PIM, tendo estas que se adaptarem de forma crescente as exigências do mercado externo, em todas as fases do seu processo produtivo e em todo o ciclo dos seus produtos. Incluem-se as inovações para atender as exigências de caráter ambiental, relacionadas aos investimentos das empresas relacionados à certificação de origem, implantação de tecnologias limpas em todas as etapas de transformação produtiva, aquisição de insumos, descarte dos produtos, aumento da reutilização de insumos energéticos e reciclagem.

Assim, o objetivo deste artigo é discutir esse processo de adoção de introdução de inovações pelas empresas situadas no PIM, apresentar os resultados setoriais e verificar a relação entre estas inovações e a eficiência econômica das empresas nos diferentes subsetores que compõem o PIM.

Utiliza-se, para tanto, a técnica paramétrica de fronteira estocástica, bem como dados primários e secundários. Os primeiros foram coletados através de questionários aplicados a uma amostra de 153 empresas integrantes do PIM no ano de 2006. O segundo conjunto de dados tem como fonte o banco de indicadores econômicos da SUFRAMA e correspondem ao período de 2000 a 2006.

Vale observar, que o método da fronteira estocástica de produção (Aigner; Lovell; Schmidt, 1977; Meusen; Broeck, 1977; Battese; Coelli; 1995) tem como uma das vantagens, a incorporação além dos distúrbios aleatórios relativo à função de produção, efeitos de ineficiência técnica (Marinho; Bittencourt, 2007).

5 Setores de alta tecnologia como Eletroeletrônicos Bens Finais, Eletroeletrônicos Componentes, Duas Rodas, Bens de Informática, como definidos no site da SUFRAMA: (www.suframa.gov.br).

O artigo está organizado em cinco seções. A segunda faz uma breve caracterização do papel da inovação (ambiental) no âmbito da teoria evolucionária. A terceira faz uma descrição do desempenho recente do PIM. A quarta apresenta os resultados do modelo empírico utilizado, em que se testa o efeito da inovação sobre a eficiência das empresas, com base em um modelo de fronteira estocástica. A última seção é dedicada às considerações finais.

1. A teoria evolucionária e o papel da inovação (ambiental): uma breve introdução

Sob o escopo da teoria neo-schumpeteriana, as inovações estão inseridas numa visão dinâmica e evolucionária do funcionamento da economia capitalista, em um processo contínuo de concorrência entre as empresas.

Na teoria evolucionária, o foco se dá sobre diferentes aspectos de mudanças econômicas: as respostas das firmas e da indústria diante mudanças nas condições de mercado, no crescimento econômico, e na competição através da inovação. As firmas são modeladas como tendo, a qualquer tempo, certas capacidades e regras de decisões. Essas capacidades e regras são modificadas no tempo como resultado de problemas e soluções e de eventos aleatórios que vão surgindo (Nelson; Winter, 1982)⁶.

As firmas, nesse modelo analítico, empreendem atividades de inovação e imitação em função do seu tamanho e de sua posição face às empresas situadas na fronteira tecnológica.

As diferentes combinações produtivas implicam em diferentes oportunidades e capacidades tecnológicas⁷ para o futuro, tal que dentro de cada tecnologia e de cada setor as capacidades tecnológicas das empresas se encontram vinculadas aos atuais processos produtivos. E, ao mesmo tempo, o padrão tecnológico se encontra, ajustado aos esquemas atuais de dotações de recursos e de produção (Cimoli; Dosi; Stiglitz, 2008).

O setor empresarial geralmente empreende atividades inovadoras quando elas buscam alguma expectativa de retorno econômico, ou quando a falta de tais atividades acarreta a ameaça de perda de alguns benefícios econômicos, ou pelos dois motivos⁸. Por isso as empresas devem levar em consideração as características dos avanços tecnológicos que inclui três conceitos importantes (Dosi, 2006) a) cumulatividade do progresso técnico – efeitos cumulativos no âmbito da empresa incentivando-a a inovar; b) oportunidade tecnológica – em geral, surgem em setores produtivos onde já ocorreram inovações

6 Juntamente com Giovanni Dosi são “precursores” da Teoria Evolucionária.

7 A Capacidade Tecnológica de uma empresa constitui-se no conjunto de habilidades que sustentam as rotinas de produção e de melhoramentos da empresa. Essas habilidades localizam-se nas linhas de produção e em departamentos especializados (Furtado, 1994).

8 Além de retornos econômicos as empresas preocupam-se também com *marcas*, *market share*, *market share verde*, e outros indicadores capazes de se conformarem como vantagens competitivas.

e assim tornando mais fácil a realização de novas mudanças técnicas e aperfeiçoamentos; c) apropriabilidade privada - equivalente ao grau de controle que o inovador – empresa – possui sobre os resultados econômicos da mudança técnica.

O paradigma tecnológico é necessário para deslocar novas possibilidades técnicas de produto e processos inovadores e fluem entre as diferentes comunidades com as mesmas dificuldades que entre mercados. Em consequência, geram distintas direções e “trajetórias tecnológicas” (*path dependence*).

Segundo Dosi (2006), a mudança técnica tem um ritmo acelerado causando assim, alterações na demanda por diversos produtos, nos custos unitários, na determinação de economias de escala e de possibilidades de descontinuidades tecnológicas das empresas.

No contexto geral, a capacidade tecnológica de uma firma, ou mesmo do setor industrial, pode ser formada por quatro componentes que apresentam um elevado grau de complementariedade entre si (Bell; Pavitt, 1993): Sistemas Físicos: formado por máquinas e equipamentos, base de dados e *softwares*; Capital humano: que engloba tanto o conhecimento tácito, como as experiências e habilidades adquiridas ao longo do tempo por trabalhadores no processo produtivo; Sistema organizacional: que se refere ao conhecimento acumulado nas rotinas organizacionais e gerenciais das firmas; Produtos e serviços: que refletem o conhecimento tácito dos indivíduos, da organização e dos outros sistemas: físicos e organizacionais, materializados em atividades como: desenho, desenvolvimento, teste, produção e comercialização.

Ademais, o desenvolvimento das chamadas aptidões tecnológicas das firmas depende de um conjunto amplo de fatores, em geral internos as mesmas, mas também, fatores externos relacionados ao ambiente (macro) econômico em que ela atua e da competição de mercado. Assim, por exemplo, como assina Lall (2005), concorre, em geral, de forma consciente e intencional, o aprendizado⁹, em um processo que tende a depender de sua trajetória, em uma evolução acumulativa, embora não ocorra de forma homogênea e autônoma. É ele mesmo dependente desta tecnologia e de quão rápida ocorre a sua evolução, inclusive, quanto ao grau de interação da mesma, a fontes externas de conhecimento e informação, como outras empresas, fornecedores, consultores, ou instituições de P&D, externalidades e interconexões, como bem acentuou Stiglitz (1997), que ocorrem na competição no mercado.

Conquanto possa ser feita uma divisão entre as inovações e, por sua vez, das teorias da inovação impulsionadas pela ciência (*Science-push*) ou induzidas pela demanda (*demand-pull*) (Langrish *et al.*, 1972) - existem evidências que podem sustentar ambas estas visões. Conforme Freeman & Soete (2008), de um lado, pode haver casos em que a inovação pode resultar da descoberta

9 Aprendizado, cujo sentido é resumido por Teece (2005, p. 154): “um processo pelo qual a repetição e a experimentação permitem que as tarefas sejam mais bem e mais rapidamente desempenhadas e que as novas oportunidades de produção sejam identificadas”.

científica como indutoras de um mercado, como também, que o próprio mercado, isto é, a incorporação de um novo mercado para um produto já existente, constitua-se por si em uma inovação.

Desta feita, a crescente inserção da questão ambiental na esfera produtiva pode ser entendida como um “dado novo (uma inovação)”¹⁰ dentro do ambiente evolucionário/dinâmico (Nelson; Winter, 1982; Dosi; Cimoli, 1992; Rosenberg, 2006) que constrange as empresas “inserindo” nelas o problema ambiental.

Incorpora-se, neste contexto, a percepção de que a preservação ambiental no âmbito das empresas traria bons frutos para os negócios, ou seja, a relação antes vista como inversa entre preservação ambiental e lucratividade, passa a dar lugar à idéia de que a variável ambiental pode ser um elemento indutor na busca de competitividade.

A tônica é a compreensão de que a renúncia à proteção ambiental custa dinheiro para as empresas, uma vez que passam a existir restrições explícitas, tanto pelo lado da demanda como pelo lado da oferta, que impõem essa mudança de postura das empresas com relação à variável ambiental, em alguns casos não só para garantir posição competitiva, mas antes garantir sua sobrevivência no mercado - lucratividade.

Pelo lado da demanda, pode-se considerar a pressão da sociedade em relação à mudança de postura das empresas, no qual concorrem cinco “*stakeholders*” importantes nesse processo (Esty; Winston, 2008): os reguladores do governo e os grupos de defesa do meio ambiente; os geradores de idéias e líderes de opinião, que incluem a participação dos meios acadêmicos; os parceiros de negócios e concorrentes; consumidores e comunidade; investidores e avaliadores de riscos, em particular, agências de financiamento e bancos¹¹. No qual atuariam em conjunto, com quatro importantes instrumentos de políticas voltados às empresas privadas para que invistam no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis. São elas: a regulação direta, os diversos instrumentos econômicos, as compras governamentais e políticas para alterar o ambiente social das mudanças técnicas (Freeman; Soete, 2008).

Desta feita, as inovações ambientais são definidas, dentro do arcabouço teórico de Schumpeter, como: inovações que ocorrem em tecnologias ou processos ambientais que controlam a emissão de poluição ou alteram o processo produtivo para reduzir ou prevenir as emissões de poluentes. Ademais, essas inovações/tecnologias são distinguidas por terem um papel vital na manutenção dos “bens públicos”, enquanto um ambiente limpo (Stern, 2007).

Assim, os “problemas ambientais” podem se transformar em oportunidades de negócios ambientais - formação de Ecovantagens Competitivas - que se

10 Adiante será definido o conceito de Inovação ambiental.

11 Consagrados entre outros no chamado: “Princípios do Equador” (2006), que servem como base para avaliação de riscos por agências financeiras para financiamento de projetos.

incorporam as estratégias competitivas das empresas, gerando inovação, criando e agregando valor, elementos estes, que caracterizam a chamada Onda Verde da Economia Mundial na perspectiva de uma empresa sustentável¹² (Esty; Winston, 2008).

Ao mesmo tempo, as vantagens competitivas ligadas ao meio ambiente, e as decisões das empresas, passam a ser fortemente afetadas, de um lado por imposições não – legais (Dasgupta; Hettige; Wheeler, 2000) e, por outro, a depender do tamanho da planta, por aplicações regulatórias ou exigências ambientais (Gray; Deily, 1996). Até por que a ecovantagem é avaliada ao longo do ciclo de vida do produto, podendo a empresa obter vantagem competitiva, ao longo do processo produtivo, a partir do uso mais eficiente de insumos energéticos, reutilização e reciclagem, ou através de um descarte do produto de modo ambientalmente seguro, que para tanto, desde sua concepção preconiza a substituição de matérias-primas, e um design mais apropriado para este fim (Thomas; Callan, 2007).

2. O Polo Industrial de Manaus: histórico recente

A partir da década de 1990, inicia-se uma fase de modernização industrial *high-tech* num ambiente globalizado. As indústrias incentivadas de Manaus sentiram as conseqüências da abertura comercial brasileira, aliada, a política de estabilização monetária do período de 1993/1994. Decorrente das conseqüências da competição externa, tais indústrias, viram-se obrigadas a alterar substancialmente sua função de produção, passando a serem mais intensivas em capital e tecnologia, no qual passou a promover um esforço de modernização cujas velocidades e profundidade dificilmente possuem paralelo na história industrial brasileira¹³.

Também na década de 1990, as importações estavam liberadas, caía à exigência de índices mínimos de nacionalização, e a concessão de incentivos fiscais se tornava mais flexível, condicionando-se ao cumprimento do Processo Produtivo Básico (PPB) definido na Lei 8.387 como o conjunto mínimo de operações no estabelecimento fabril, que caracteriza a efetiva industrializa-

12 Firms capazes de gerar um valor sustentável, isto é, atuam na direção da promoção da sustentabilidade, como um objetivo que não se limita a obter fluxos financeiros e encara os clientes, fornecedores e comunidade, em geral, como parceiros sociais (Laszlo, 2007; Laville, 2009), na mesma ótica do que define o Índice do Grupo de Sustentabilidade do Dow Jones (DJSI).

13 Algumas mudanças eram necessárias: extinguiu, através de decreto-lei, as quotas de importação que vigoravam desde 1976; instituiu-se, através da Lei no.8.248 de 1991, um redutor de 88% sobre a alíquota do imposto de Importação incidente sobre os produtos industrializados na ZFM, com projeto aprovado até março de 1991, excluindo porém os bens de informática, automóveis e outros produtos; através de Decreto-Lei, obrigou as empresas industriais locais a iniciarem, em 24 meses, a implantação de sistemas de qualidade baseados nas normas da série 19.000 da ABNT ou a ISO 9.000. Novamente, mais algumas mudanças se tornam importantes, quando em dezembro de 1991, a Lei no. 8.387 dá nova redação ao Decreto-Lei no. 288 e todos os que os sucederam.

ção de determinado produto (Garcia, 2004). A ordem era modernizar (com o livre acesso a insumos estrangeiros), buscar qualidade e produtividade, ganhar competitividade.

As empresas industriais eliminaram desperdícios, investiram em novas técnicas de gestão e qualificação de mão de obra, incorporaram novas tecnologias de processos, obtiveram significativa redução do custo final do produto, passando a competir no mercado interno em qualidade e preço com os produtos importados, e alcançando, muitas vezes, capacidade de competir no mercado externo

A diminuição dos preços dos produtos, especialmente, eletroeletrônicos, juntamente com a queda da inflação, impulsionado pelo Plano Real (1994), e o efeito da política cambial também, refletiu favoravelmente sobre a demanda, determinando o aumento dos níveis de produção e de faturamento de muitos produtos da Zona Franca de Manaus.

Com relação à origem dos insumos, no período entre 1992 e 1995, do total incorporado ao processo produtivo das indústrias da Zona Franca de Manaus de aproximadamente US\$ 15 bilhões, US\$8,14 bilhões foram comprados no mercado nacional e US\$ 6,61 bilhões no mercado externo. Do total dos insumos apenas nacionais, US\$ 4,07 bilhões foram adquiridos no parque local de componentes e US\$ 4,69 bilhões de outras regiões do país.

Ainda, a partir da década de 90, e apesar de um considerável crescimento relacionado ao faturamento das empresas, ao emprego de mão-de-obra, e outros indicadores, era preciso ampliar em larga escala os ganhos de competitividade do Pólo Industrial de Manaus, por meio da implantação de projetos de componentes chamados de “classe A”¹⁴, reduzindo os custos de transportes e gerando economias de aglomeração; ganhar economias de escala e otimizar o perfil da demanda da produção industrial; fortalecer a infra-estrutura física, institucional, industrial e de recursos humanos¹⁵.

14 Empresas que produzem bens vitais para suprir o mercado local (www.suframa.gov.br).

15 Em 1996, o Modelo ZFM tinha como prioridade/objetivo a consolidação da competitividade estrutural do seu parque industrial e a criação de alternativas de desenvolvimento para a Amazônia Ocidental – turismo ecológico, alimentos, fármacos e cosméticos buscando parcerias com órgãos governamentais, instituições de ensino e pesquisa, agências de financiamento e empresas privadas. Nessa direção, a SUFRAMA definiu a sua participação no Programa de Ecologia Molecular para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Amazônia – PROBEM Amazônia, com a criação do Centro de Biotecnologia da Amazônia (CBA), no Distrito Industrial, e passou a incentivar pesquisas e aplicações que pudessem garantir o aproveitamento econômico e conservação da biodiversidade amazônica.

2.1 Mercado de trabalho, faturamento e aquisição de insumos

Os incentivos fiscais, que ainda prevalecem atualmente, podem mais especificamente serem resumidos da seguinte forma: a) Federais - Imposto de Importação (II) – redução de 88% sobre os insumos destinados à industrialização ou proporcional ao valor agregado nacional quando se tratar de Bens de Informática; Importo sobre Produtos Industrializados (IPI) – Isento; Imposto sobre a Renda (IR) – redução de 75% do imposto sobre a renda e adicionais não restituíveis, exclusivamente para re-investimentos. Comum em toda a Amazônia Legal; Programa de Integração Social (PIS) e Financiamento da Seguridade Social (COFINS) – alíquota zero nas entradas e nas vendas internas inter-indústrias e de 3,65% (com exceções) nas vendas de produtos acabados para o resto do país; e o Imposto de Exportação – IE; b) Estadual - Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) – crédito estímulo entre 55% e 100%. Em todos os casos as empresas são obrigadas a contribuir para fundos de financiamento ao ensino superior, turismo, P&D e às pequenas e microempresas.

Neste novo cenário, a SUFRAMA implantou uma política que integrasse três grandes vetores de ações essenciais (Machado *et al.*, 2006): o adensamento das cadeias produtivas dos bens fabricados com incentivos em Manaus – viabilizando a formação de um significativo parque de fabricantes de insumos e componentes (estrangeiros ou nacionais) que integram as cadeias produtivas dos produtos considerados carro-chefe do PIM (televisores, telefones celulares, motocicletas, DVDs, aparelhos de som e outros); pesados esforços na promoção e investimento em Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I), inseridos como item regular da agenda institucional da SUFRAMA, e realizados em parceria com diversas instituições de pesquisa locais, públicas e privadas; a internacionalização da indústria local – adotando mecanismos de estímulos às exportações e de programas de promoção comercial e de cooperação internacional, integrados a um processo de interiorização dos resultados do desenvolvimento na Amazônia Ocidental – por meio de aproveitamento sustentável dos recursos naturais amazônicos e da aplicação dos recursos próprios da SUFRAMA, gerados a partir da arrecadação de sua Taxa de Serviços Administrativos (TSA).

A política de incentivos do Modelo da Zona Franca de Manaus atraiu para o PIM mais de quatrocentos e cinquenta companhias dotadas de marcas conhecidas mundialmente, com impacto muito significativo sobre o PIB do estado e do município de Manaus.

Em 2005 a indústria de transformação contribuiu com 37,5% do PIB do estado do Amazonas, sendo deste total, aproximadamente 82% referente à participação do município de Manaus. Isto tornou Manaus o município de maior

PIB em toda Região Norte, com uma renda *per capita* superior a R\$10.000. Além disso, o Valor Adicionado Bruto exclusivamente atribuído à indústria colocava Manaus em 2005 como o quarto município brasileiro em geração de riqueza a partir da indústria (Rivas *et al.*, 2009).

Quanto ao mercado de trabalho, observa-se que a evolução da mão-de-obra (emprego formal), no período entre 1995 e 2004 para o estado do Amazonas, foi 55,13%, superior ao do Brasil, que cresceu 32,2% (Ministério do Trabalho/CAGED, *apud* SUFRAMA, 2007).

No que diz respeito ao faturamento total das empresas situadas no PIM, no período de 1988 a 2006, houve um crescimento muito significativo. Neste período, o faturamento referente às vendas para o exterior foi o que mais cresceu – 2.388,17% (Tabela 1). Embora, sua participação no faturamento total ainda representa um menor percentual – 5,1% em relação ao regional – 19,2% e ao nacional – 75,7%.

O grau de nacionalização¹⁶, originários no próprio PIM e de outros estados da federação girava, também, em torno de 50% em 2007 e, por sua vez o grau de regionalização¹⁷ atingiu, também em 2007, um índice de quase 30% (Tabela 2). Em relação à aquisição de insumos, a origem da matéria-prima/componentes de todos os setores do PIM somando a origem regional e nacional, é de produção doméstica, como se viu acima, através dos dados sobre a nacionalização da produção. Entretanto, a participação de empresas estrangeiras no pólo de Manaus faz com que muitas empresas ainda tenham que importar bens intermediários para sua produção. Essas empresas compram equipamentos básicos e componentes de suas matrizes no exterior.

TABELA 1. FATURAMENTO E CRESCIMENTO DO PIM DE 1988 A 2006

Anos	Faturamento e Crescimento em US\$			
	Regional	Nacional	Exterior	Total
1988	1.264.012.617	3.774.911.807	59.657.143	5.098.581.567
2006	4.846.557.234	16.543.354.387	1.484.373.101	22.874.284.722
Total período	35.452.341.818	147.846.288.862	9.943.890.101	195.242.521.512
Cresc. no período (%)	283,43	338,24	2.388,17	

FONTE: SUFRAMA, 2007. Elaboração dos autores.

16 Grau de Nacionalização - A relação entre o valor dos insumos nacionais sobre o total dos insumos adquiridos.

17 Grau de Regionalização - aquisição de insumos oriundos somente do PIM sobre o total das aquisições de insumos.

Vale observar, que com relação ao Mercado Externo o saldo ao longo do período de 1988 e 2006, foi negativo, indicando uma dependência importante de insumos industriais importados nas empresas situadas no PIM. Todavia para o Mercado Nacional o saldo em todo o período é positivo, estando às exportações muito concentradas em aparelhos eletroeletrônicos.

O país de maior destino da produção do Polo são os Estados Unidos, entretanto, os países vizinhos da região Amazônica, em conjunto, equivalem mais do que os países desenvolvidos (Tabela 3).

TABELA 2. AQUISIÇÃO DE INSUMOS E FATURAMENTO SEGUNDO A ORIGEM (%)

Anos	Aquisição de Insumos			Faturamento		
	Regional	Nacional	Exterior	Regional	Nacional	Exterior
1988	34,03	48,47	17,51	24,79	74,04	1,17
1989	35,81	43,70	20,48	24,06	75,06	0,88
1990	38,42	43,89	17,69	21,62	77,65	0,74
1991	37,46	37,95	24,59	22,50	76,46	1,04
1992	34,23	34,10	31,67	17,92	79,54	2,53
1993	24,19	33,65	42,17	14,61	83,92	1,47
1994	26,60	30,28	43,12	16,39	82,31	1,30
1995	24,85	27,86	47,29	18,62	80,52	0,86
1996	25,09	28,17	46,74	18,96	80,24	0,79
1997	29,13	29,35	41,51	17,19	81,54	1,28
1998	25,32	27,95	46,73	16,07	81,64	2,29
1999	20,86	24,11	55,03	15,40	79,40	5,21
2000	22,73	22,22	55,05	17,33	75,54	7,14
2001	24,52	21,00	54,48	18,43	72,49	9,08
2002	27,75	20,02	52,23	17,69	71,05	11,27
2003	29,25	17,71	53,04	18,13	70,23	11,63
2004	32,36	18,19	49,45	20,76	71,47	7,77
2005	32,57	18,99	48,44	20,89	68,45	10,66
2006	31,91	18,44	49,65	21,19	72,32	6,49

FONTE: SAP/CGPRO/COISE, SUFRAMA (2007). Elaboração dos autores.

TABELA 3. PRINCIPAIS DESTINOS DAS EXPORTAÇÕES – 2006 – U\$

Países	Valores (mil)	(%)
Estados Unidos	376.889,00	24.75
Venezuela	285.464,00	18.75
Argentina	268.602,00	17.64
Colombia	101.279,00	6.65
Chile	64.090,00	4.21
México	57.401,00	3.77
Alemanha	46.671,00	3.06
Peru	34.842,00	2.29
Jamaica	22.472,00	1.48
Holanda	17.024,00	1.12

FONTE: SUFRAMA, 2007.

2.2 Análise setorial do Polo Industrial de Manaus

O setor Eletroeletrônico, que aqui é composto pelos subsetores Eletroeletrônicos Bens Finais, Componentes e Bens de Informática é o que tem a maior quantidade de trabalhadores e também o maior volume de investimentos. O investimento é em parte explicado pela entrada de firmas estrangeiras ou mesmo de filiais de firmas nacionais em todo o período considerado.

Entretanto vale considerar, que no que se refere à mão de obra, o maior crescimento se deu nos setores Mecânico, Metalúrgico e Químico, respectivamente. Os outros setores considerados com grandes volumes de investimentos são o Papel e Papelão e Termoplástico. Isso pode ser explicado pela necessidade de interação dos setores considerados no PIM.

Por unidade de emprego, os subsetores mais significativos são o mineral não metálico e o químico e os descartáveis (Tabela 4).

TABELA 4. INDICADORES DE INVESTIMENTO E EMPREGO DOS SUBSETORES DO PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS – 2000 A 2006

Investimentos Totais em US\$1,00							
Subtores	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Eletroeletrônico	618.469.101	754.705.514	897.779.059	1.320.571.944	1.611.310.467	2.014.448.660	2.260.076.051
Relojoeiro	54.107.136	50.535.932	47.081.864	65.025.396	63.341.962	63.556.403	66.420.870
Duas Rodas	305.963.851	288.044.789	252.632.929	348.882.042	633.109.628	94.123.630	1.054.682.119
Termoplástico	85.160.512	89.022.864	117.052.107	233.572.101	283.407.242	378.802.911	459.737.873
Bebidas	10.581.282	21.122.619	35.257.414	48.882.925	60.460.011	27.172.840	68.002.963
Meta-lúrgico	1.677.539	54.531.099	59.594.571	94.989.654	113.020.983	146.649.844	188.952.798
Mecânico	6.643.208	26.475.116	57.930.098	121.258.739	198.101.973	191.902.736	279.945.317
Madeireiro	24.085.678	24.010.097	15.384.308	29.033.117	33.364.867	32.086.486	49.128.615
Papel e Papelão	11.352.728	9.947.326	45.383.208	61.196.472	57.810.886	55.366.639	101.022.832
Químico	238.232.700	348.073.444	245.632.290	347.127.459	398.890.536	528.314.508	405.279.890
Têxtil	79.172	-	71.658.248	91.850.800	6.882.228	5.603.284	8.291.650
Mineral Não Metálico	210.045	181.021.750	125.119.725	155.406.463	190.316.574	209.513.198	186.865.654
Ótico	18.577.740	17.098.389	11.996.982	15.651.363	18.669.414	23.474.483	24.107.777
Brinquedos	93.354	1.997.163	636.505	892.142	822.557	1.146.585	799.511
Descartáveis	144.829.230	71.119.446	69.371.085	118.237.160	190.688.830	259.794.476	292.492.304
Diversos	28.977.905	25.904.686	36.851.833	53.726.147	64.852.077	80.065.277	95.531.807
Total	1.549.041.181	1.963.610.234	2.089.362.226	3.106.303.924	3.925.050.235	5.129.434.052	5.541.337.732

Emprego							
Subtores	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Eletroeletrônico	25.870	28.100	27.910	30.937	41.381	47.637	51.333
Relojoeiro	1.407	1.456	1.469	1.468	1.442	1.368	1.386
Duas Rodas	5.709	6.566	7.490	9.052	10.264	11.303	12.831
Termoplástico	2.933	3.609	5.100	5.436	5.992	7.130	8.441
Bebidas	928	1.105	1.166	1.248	1.437	1.448	1.808
Meta-lúrgico	1.400	1.531	1.861	2.447	3.151	3.915	5.000
Mecânico	435	505	2.066	2.912	3.511	3.606	3.857
Madeireiro	2.391	2.182	1.956	1.652	1.935	1.897	1.163
Papel e Papelão	874	1.113	1.167	1.371	1.724	1.940	2.084
Químico	526	679	1.397	1.534	1.543	1.535	1.578
Têxtil	64	470	484	533	644	640	598
Mineral Não Metálico	650	554	556	563	588	614	526
Ótico	1.049	1.121	393	400	456	495	514
Brinquedos	175	464	322	287	178	84	33
Descartáveis	1.577	1.734	1.475	1.616	1.710	1.870	2.471
Diversos	4.017	3.570	3.000	3.135	3.425	3.742	4.798
Total	50.005	54.759	57.812	64.591	79.381	89.224	98.421

Investimento por unidade de emprego							
Subtores	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Eletroeletrônico	23.907	26.858	32.167	42.686	38.938	42.287	44.028
Relojoeiro	38.456	34.709	32.050	44.295	43.926	46.459	47.923
Duas Rodas	53.593	43.869	33.729	38.542	61.683	83.273	82.198
Termoplástico	29.035	24.667	22.951	42.968	47.298	53.128	54.465
Bebidas	11.402	19.115	30.238	39.169	42.074	18.766	37.612
Meta-lúrgico	1.198	35.618	32.023	38.819	35.868	37.458	37.791
Mecânico	15.272	52.426	28.040	41.641	56.423	53.218	72.581
Madeireiro	10.073	11.004	7.865	17.575	17.243	16.914	42.243
Papel e Papelão	12.989	8.937	38.889	44.636	33.533	28.540	48.475
Químico	452.914	512.627	175.828	226.289	258.516	344.179	256.831
Têxtil	1.237	-	148.054	172.328	10.687	8.755	13.866
Mineral Não Metálico	323	326.754	225.035	276.033	323.668	341.227	355.258
Ótico	17.710	15.253	30.527	39.128	40.942	47.423	46.902
Brinquedos	533	4.304	1.977	3.109	4.621	13.650	24.228
Descartáveis	91.838	41.015	47.031	73.167	111.514	138.928	118.370
Diversos	7.214	7.256	12.284	17.138	18.935	21.396	19.911
Total	30.978	35.859	36.141	48.092	49.446	57.489	56.300

FONTE: SUFRAMA (2008), Elaboração dos autores.

NOTA: (*) Em todas as colunas estão incluídos: Eletroeletrônico Componentes e Bens de Informática; (****) Composto pelos setores: Couros e Similares; Material de Limpeza; Produtos Alimentícios; Editorial e Gráfico; Mobiliário; Beneficiamento de borracha; Naval; Relojeiros; Ótico; Brinquedos e Diversos; (1) Dados médios de Mão de obra efetiva + temporária+ terceirizada.

Os Investimentos Líquidos Estrangeiros no PIM, no período considerado – 2000 e 2006 – foram bastante significantes, chegando em 2006 a aproximadamente 3,1 bilhões de dólares, que envolveram 144 empresas de vários setores. Número considerável quando comparável as 613 empresas de diversos setores, instaladas no PIM até aquela data. Esses investimentos estrangeiros foram originários basicamente do Japão, EUA, Países Baixos, Coreia e França.

A importância relativa dos subsetores: Eletrônico e Duas Rodas fica evidenciado quando se analisa os dados da evolução do emprego e do faturamento ao longo do período de 1988 a 2006. Assim, em 1988 esses dois subsetores respondiam por cerca de 60% do emprego total, passando para 65% em 2006. Destaque para o aumento da participação relativa do subsetor Duas Rodas que passou de 5,6% em 1988 para 13% em 2006. No que se refere ao faturamento em relação aos outros subsetores ele é consideravelmente superior aos demais, como pode ser evidenciado no Gráfico 1.

GRÁFICO 1. PARTICIPAÇÃO RELATIVA DOS SUBSETORES PRODUTIVOS DO PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS, SEGUNDO O FATURAMENTO EM ANOS SELECIONADOS - 1988, 1996 E 2006

FONTE: Elaboração dos autores.

Abaixo, na Tabela 5, está retratado o “desempenho” inovativo das empresas situadas no estado do Amazonas, segundo a PINTEC em dois períodos 2001-2003 e 2003-2005, no qual se observa um número bastante expressivo e crescente de empresas que implantaram algum tipo de inovação, notadamente inovações de produto e processo, comparando os dois períodos.

Além disso, a atividade inovadora concentrou-se na de fabricação de aparelhos e equipamentos de comunicações e artigos de borracha e plástico, ambos pertencentes às cadeias produtivas relacionadas ao subsetor de eletroeletrônico, em particular, do segmento relativo à produção de artigos de informática.

TABELA 5. ATIVIDADES INOVATIVAS DAS EMPRESAS DO ESTADO DO AMAZONAS, SEGUNDO A PINTEC – 2003 E 2005

Atividades das indústrias extrativas e de transformação	2001-2003			Empresas			
	Que implementaram (1)			Dispersões realizadas pelas empresas inovadoras nas atividades inovativas (3)			
	Inovação de produto e/ou processo	Apenas projetos incompletos e/ou abandonados	Apenas mudanças estratégicas e organizacionais	Receita líquida de vendas (1 000 R\$) (2)		Total	
				Número de empresas	Valor (1 000 R\$)	Número de empresas	Valor (1 000 R\$)
Total Brasil	84.262	28.036	2.315	30.972	953.705.414	20.599	23.419.227
Total Amazonas	530	203	13	133	27.305.857	122	796.054
Fabricação de bebidas	9	7	1	1	20.89.867	5	25.430
Edição, impressão e reprodução de gravações	6	1	-	-	10.35.724	1	1
Fabricação de produtos químicos	22	9	-	13	523.094	7	90
Fabricação de artigos de borracha e plástico	36	19	-	13	564.665	6	18.830
Fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática	13	10	2	2	22.74.599	10	191.218
Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	7	4	-	3	2.48.485	4	1.531
Fabricação de material eletrônico básico	20	16	-	-	17.89.543	16	103.263
Fabricação de aparelhos e equipamentos de comunicações	31	24	-	6	95.31.957	17	221.128
Fabricação de outros equipamentos de transporte	21	11	-	5	47.07.677	11	108.344
Fabricação de produtos diversos	3	2	-	1	256.592	2	1
Otras *	362	100	11	90	42.83.655	42	126.220
						9	2.713

TABELA 5 (CONTINUAÇÃO). ATIVIDADES INOVATIVAS DAS EMPRESAS DO ESTADO DO AMAZONAS, SEGUNDO A PINTEC – 2003 E 2005

2003-2005				2005				
Total	Que implementaram (1)			Receita líquida de vendas (1 000 R\$) (2)	Dispendícios realizados pelas empresas inovadoras nas atividades inovativas (3)			
	Inovação de produto e/ou processo	Apenas projetos incompletos e/ou abandonados	Apenas mudanças estratégicas e organizacionais		Total		Atividades internas de Pesquisa e Desenvolvimento	
					Número de empresas	Valor (1 000 R\$)		
91 055	30 377	2 056	33 937	1240 533 107	19 951	34 405 980	5 046	7 112 928
585	296	14	174	45 676 632	208	1 165 703	51	243 563
9	8	-	-	256998	6	9 161	1	
22	10	-	12	1825432	7	71 082	2	
31	11	-	13	893868	6	5 594	4	567
49	28	-	11	1540530	26	30 673	2	
7	7	-	-	2596189	5	79 419	4	34 570
13	10	-	3	865573	9	9 436	2	
9	8	-	-	2301622	8	16 325	1	
46	27	1	10	18934972	24	426 754	15	129 679
29	11	-	10	7583234	9	225 215	5	44 970
13	10	-	1	902373	6	38 498	3	8 939
357	166	13	114	5662841	102	253 544	12	24 838

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Indústria, Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica 2003 e Pesquisa de Inovação Tecnológica 2005.

NOTA: (1) Nos períodos pesquisados, foram consideradas as empresas que implementaram produto e/ou processo tecnologicamente novo ou substancialmente aprimorado, que desenvolveram projetos que foram abandonados ou ficaram incompletos, e que realizaram mudanças organizacionais; (2) Receita líquida de vendas de produtos e serviços estimada a partir dos dados das amostras da Pesquisa Industrial Anual - Empresa 2003 e 2005; (3) Foram consideradas as empresas que implementaram produto e/ou processo tecnologicamente novo ou substancialmente aprimorado.

3. Evidência empíricas sobre a eficiência das empresas - fronteira de produção estocástica

3.1 Estimação

O procedimento adotado reside na utilização do método paramétrico conhecido como análise de fronteira estocástica de produção. Este método foi proposto inicialmente por Aigner, Lovell & Schmidt (1977) e Meusen & Broeck (1977). Na literatura pertinente, existe um grande número de estudos sobre a evolução da estimação de fronteiras de eficiência, entre esses, citam-se os devidos a Jondrow *et al.* (1982), Tulkens (1993), Banker (1996) e Souza; Alves & Ávila (1997), tratando tanto de fronteiras paramétricas como não-paramétricas. Paralelamente, as contribuições de Forsund, Lovell & Schmidt (1980), Schmidt (1986), Bauer (1990), Battese (1992), Greene (1993), Battese & Coelli (1995) permitiram o aprimoramento do método, possibilitando sua implementação com dados em painel e com a incorporação da modelagem do componente de ineficiência técnica de produção.

Uma das vantagens do método paramétrico reside na incorporação, além dos distúrbios aleatórios relativo à função de produção, de efeitos de ineficiência técnica ao contrário dos métodos não paramétricos, que atribuem à ineficiência técnica os desvios do produto observado em relação ao produto potencial (Marinho; Bittencourt, 2007).

Mas, por outro lado, o referido método de fronteira estocástica requer a especificação de uma forma funcional da fronteira de produção e o indispensável estabelecimento de hipóteses distribucionais sobre os componentes dos distúrbios e da ineficiência técnica.

Utilizando dados em painel para uma amostra de 132 empresas¹⁸ localizadas no Polo Industrial de Manaus - PIM, a forma funcional da fronteira estocástica foi determinada por meio de um teste de adequação (teste de máxima verossimilhança). Testou-se a hipótese nula de uma fronteira translog contra a alternativa de uma Cobb-Douglas. Em face do resultado do teste, adotou-se a função¹⁹ de fronteira de produção Cobb-Douglas especificada na forma:

$$\ln FatTotal = \alpha_i + \beta_1 \ln trab_{it} + \beta_2 \ln capital_{it} + \beta_3 \ln insumo_{it} + \beta_4 inovamb + + \beta_4 custicms_{it} + \beta_5 exigam_{it} + \beta_6 medcon_{it} + \beta_7 inovprod_{it} + \beta_8 inovproc_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

18 Diferente das seções anteriores, só foram consideradas na amostra as empresas que iniciaram suas atividades pelo menos a partir de 2004, o que representou um corte de 19 empresas.

19 As variáveis utilizadas estão descritas na seção seguinte.

$$\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it} \quad (2)$$

Vale destacar que foi usado como variável dependente o faturamento total das empresas. Os parâmetros α_i incorporam ao modelo os efeitos fixos com o objetivo de capturar heterogeneidades não observadas na amostra, principalmente relacionadas às diferenças iniciais nos níveis tecnológicos. ε_{it} corresponde ao termo do erro composto, onde a variável v_{it} representa os distúrbios aleatórios da função de produção que, por hipótese, segue uma distribuição normal com média zero e variância constante σ_v^2 e o termo u_{it} , representando a ineficiência técnica de produção, segue uma distribuição *half-normal*, com média zero e variância σ_u^2 . Os parâmetros α_i e β_p , associados às variáveis acima descritas, foram estimados econometricamente.

Assim, a função distribuição do erro composto é dada por:

$$f(\varepsilon_i) = \frac{\sqrt{2}}{\sigma_u} \sqrt{\pi} [1 - F(\varepsilon_i \lambda \sigma^{-1})] \exp\left(-\frac{\varepsilon_i^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

Onde $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$; $\lambda = \sigma_u/\sigma_v$ e $F(*)$ é a função de distribuição acumulada da normal padrão. A função log *likelihood* será, então:

$$\ln L(y/\beta, \lambda, \sigma^2) = N \ln \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} + N \ln \sigma^{-1} + \sum_{i=1}^N \ln [1 - F(\varepsilon_i \gamma \sigma^{-1})] - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 \quad (4)$$

Utilizando o método proposto por Jondrow *et al.* (1982), onde se considera o valor esperado de u_i condicional a ε_i , em que v_i tem distribuição normal e u_i tem distribuição *half-normal*, é possível estimar os índices de eficiência de cada empresa, com base na equação:

$$E(u_i/\varepsilon_i) = \mu_0 + \sigma \cdot \frac{f(-\mu./\sigma.)}{1 - F(-\mu./\sigma.)} \quad (5)$$

Onde f e F são a função densidade e função distribuição acumulada da normal, respectivamente, $-(\mu./\sigma.) = \varepsilon_i \lambda \sigma$, $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$, $\sigma_u^2 = \sigma_u^2 \sigma_v^2 / \sigma^2$; $\lambda = \sigma_u/\sigma_v$.

Uma vez obtidos os valores da distribuição de u_i , basta tomar a exponencial, $\exp[-E(u_i/\varepsilon_i)]$, e estimar a eficiência técnica de cada empresa, que estará situada no intervalo [0,1], com o representando completa ineficiência e 1 plena eficiência.

3.2 Os dados

Os dados utilizados compreenderam dois níveis: dados secundários obtidos junto a Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA) no período de 2000 a 2006, e que se referem aos indicadores econômicos de desempenho das empresas; e primários – coletados através da aplicação de um questionário a uma amostra de 132 empresas PIM cadastradas nessa Instituição no ano de 2006. No primeiro caso referem-se aos valores/quantidades das empresas relativas ao faturamento, ICMS²⁰ recolhido, despesas com insumos, investimento realizado, mão-de-obra direta empregada. No segundo caso, incluem-se informações qualitativas referentes a se empresa realizou inovações de produto, processo, ambientais, ou se atendeu as exigências ambientais. Para efeito do cálculo do grau de concentração da indústria utilizou-se o índice de Hirschman-Herfindahl ajustado.

3.3 Resultados

Inicialmente foi realizado um teste estatístico relativo à forma funcional mais adequada a ser utilizada²¹. O resultado do referido teste indicou que a forma funcional mais adequada seria a função de produção do tipo Cobb-Douglas²².

Com relação aos resultados da fronteira estocástica, pode-se observar na Tabela 5 que os coeficientes significantes estatisticamente, no nível de 5% foram: o logaritmo do trabalho (*Intrab*), o logaritmo do capital físico (*Incapital*), o logaritmo do insumo total²³ (*Ininsumo*), o custo com ICMS (*custicms*), a medida de concentração da indústria (*medconc*), a variável que representa as inovações em processo (*inovuproc*) e a variável que representa as inovações ambientais (*inovamb*). Já as variáveis exigência ambiental (*exigam*) e inovação em produto (*inovuprod*) não foram significantes.

20 O ICMS é um Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços e por isso se apresenta como um custo para empresa. No caso do Pólo Industrial de Manaus, um dos incentivos concedidos pela Suframa é exatamente o valor adotado do Imposto sobre Circulação de Mercadoria – ICMS –, para cada empresa, a depender do tipo de produto produzido e dos insumos importados. À medida que a empresa aumenta sua produção (concomitante ao aumento na aquisição de insumos) e conseqüentemente suas vendas o valor do ICMS recolhido torna-se menor, e como num círculo virtuoso a empresa tem condição de expandir ainda mais sua produção.

21 O teste tem a finalidade de se verificar a consistência de hipóteses específicas relacionadas à fronteira de produção estocástica. Especificamente, trata-se do teste de adequação da forma funcional Translog relativamente à forma funcional mais restritiva Cobb-Douglas. Assim, testa-se a hipótese de que todos os coeficientes de segunda ordem e os coeficientes dos produtos cruzados são todos iguais a zero na especificação Translog.

22 O valor da razão de verossimilhança estimado foi de 47,75, que é inferior ao valor crítico da estatística $\chi^2_{(36)}$ com nível de significância de 5%, obtido em Kodde & Palm (1986, p. 1246). Com isso, rejeita-se a especificação na forma de uma função Translog em favor do modelo Cobb-Douglas.

23 Aqui se considera o somatório do valor dos insumos adquiridos localmente, nacionalmente e internacionalmente.

Com relação à insignificância estatística destas duas últimas variáveis é importante destacar o seguinte. A exigência ambiental funciona como um constrangimento externo à empresa, de tal sorte que o seu cumprimento não necessariamente ocorre a partir da introdução de soluções internas, que tragam resultados mais eficientes para as mesmas. Assim, por exemplo, a construção de aterros industriais, pode ser suficiente para atender uma dada regulamentação ambiental, mas só seria mais eficiente, se parte da energia consumida pela empresa pudesse ser originária do aproveitamento do gás metano do aterro. Por outro lado, a inovação de produto representou um percentual pouco expressivo entre as empresas que inovaram no período, o que pode ser um fator determinante para sua não significância em explicar a eficiência das empresas.

Em relação à eficiência, a estimativa do parâmetro lambda (λ) – que mede a variabilidade das duas fontes de erro, o distúrbio ruído branco e o erro unilateral – apresentou um valor superior a unidade; 1,058; o que indica que a maior parte da variabilidade na produção advém da ineficiência técnica e não de fatores aleatórios. Ou seja, reduzindo a ineficiência técnica, obtém-se melhores resultados quanto à produção e seu valor.

TABELA 6. RESULTADOS DAS ESTIMATIVAS DA FUNÇÃO DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA DE PRODUÇÃO, PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS - 2001-2006

Parâmetros/Variáveis	Coefficientes	Desvio-padrão
<i>Intrab</i>	0,2722*	0,0298
<i>Incapital</i>	0,0605*	0,0149
<i>Ininsumo</i>	0,6437*	0,0184
<i>Exigam</i>	0,0030	0,0672
<i>Inovamb</i>	0,2339*	0,0656
<i>Custicms</i>	3,07e-08*	7,29e-09
<i>Medconc</i>	0,0036*	0,0013
<i>Inovprod</i>	-0,1020	0,0905
<i>Inovproc</i>	0,2023*	0,0866
Constante	4,37691*	0,2925
σ^2_v	0,5642	
σ^2_u	0,5972	
λ	1,058	
Log da função de verossimilhança	-515,62	

FONTE: Elaboração dos autores.

NOTA: * Significante ao nível de 5%.

Os escores de eficiência obtidos com a estimação da fronteira de produção estocástica permite fazer comparações entre as empresas mais e menos eficientes no ano de interesse, bem como entre as empresas mais eficientes entre dois pontos no tempo.

Considerando o primeiro cenário, que trata da diferença entre as empresas mais eficientes e as menos eficientes no ano de 2006, conforme a Tabela 8 pode-se observar que não existe uma concentração de empresas de nenhum subsetor específico, tanto no grupo das empresas mais eficientes quanto no grupo das empresas menos eficientes. Pode-se observar também, por exemplo, que o grupo de empresas mais eficientes em 2006 possui um faturamento anual médio de R\$ 313.957.600,30 enquanto o grupo menos eficiente possui um faturamento anual médio de apenas R\$ 7.267.760,10, o que mostra uma diferença exorbitante. Já quando se observa a mão-de-obra empregada, o grupo mais eficiente emprega em média 69 pessoas enquanto que o outro grupo emprega 123 pessoas. Outra variável de destaque entre os grupos é o índice de concentração industrial, onde o grupo mais eficiente apresentou-se mais concentrado, 0,10 e 0,09, respectivamente. No que tange a questão da inovação tanto em produto quanto em processo, o grupo menos eficiente apresentou um percentual maior de empresas que utilizaram de tais recursos; entretanto, para o grupo de empresas mais eficientes, observa-se um percentual de participação maior, tanto na inovação ambiental quanto na exigência ambiental, 70% e 100% respectivamente.

Já no segundo cenário, quando a análise se concentra na diferença entre as empresas mais eficientes entre os anos de 2001 e 2006 (ano inicial e final da análise, respectivamente), observa-se, como no cenário anterior, que não existe uma concentração de empresas de nenhum dos pólos em nenhum dos anos da análise, embora o Pólo Termoplástico se destaque no ano de 2001. É possível observar, também, em 2006, que as empresas utilizam menos mão-de-obra que no ano de 2001, mas utilizam mais capital físico, o que caracteriza uma maior intensificação em capital ao longo do período. Vale destacar, também, que em 2006 as empresas mais eficientes apresentaram um índice de concentração menor que em 2001, bem como apresentaram uma maior participação em atividades relacionada à inovação em produto, inovação ambiental e em exigência ambiental (Tabela 8).

Portanto, os resultados permitem concluir, tanto na análise para o ano de 2006 quanto na análise entre os anos de 2001 e 2006, que as empresas que vêm cumprindo com as normas ambientais ao longo do período analisado têm conseguido obter um desempenho mais satisfatório, em termos de eficiência – aumentando seu faturamento (o que pode se deduzir seu *market-share*).

TABELA 7 – DADOS REFERENTES ÀS FIRMAS MAIS EFICIENTES VS MENOS EFICIENTES NO ANO DE 2006

As Dez Mais Eficientes em 2001												
Rank	Escore	Nome do Polo	Faturamento Total	M.O.*	Capital Físico	ICMS	Insumo Total	Medida de Concentração	Inovação Produto	Inovação Processo	Inovação Ambiental	Exigência Ambiental
1º	0.838	Bebidas	1559000000	164	779423253	27669265	85914131	0.499189	Sim	Sim	Sim	Sim
2º	0.818	Madeireiro	1280196	54	6624635	99119	37117	3.62E-07	Sim	Não	Sim	Sim
3º	0.802	Químico	3835174	28	302090	0	405615	0.1048776	Sim	Sim	Sim	Sim
4º	0.792	Termoplástico	5443525	149	20938192	58896	372329	0.0026701	Não	Não	Não	Não
5º	0.779	Elétr. Componentes	217200000	205	17333515	826442	1.23E+08	7.09E-07	Não	Não	Não	Não
6º	0.772	Elet. Bens Finais	46052134	74	1858696	0	16069921	2.95E-06	Não	Sim	Sim	Sim
7º	0.770	Transporte Duas rodas	9456910	15	1147315	59769	4218969	5.90E-09	Não	Não	Sim	Sim
8º	0.767	Termoplástico	142000000	30	290997342	775061	8255773	0.664555	Não	Não	Sim	Sim
9º	0.761	Termoplástico	7383039	22	23246531	110452	2252083	0.0000941	Não	Não	Não	Não
10º	0.760	Metalúrgico	1894985	8	1209269	8442	585723	1.87E-09	Não	Não	Não	Não
		MÉDIA	199354596	75	114308084	2960745	31401166	0.12	20%	30%	60%	60%

As Dez Mais Eficientes em 2006												
Rank	Escore	Nome do Polo	Faturamento Total	M. O.*	Capital Físico	ICMS	Insumo Total	Medida de Concentração	Inovação Produto	Inovação Processo	Inovação Ambiental	Exigência Ambiental
1º	0.870	Bebidas	2.44E+09	156	5141089	24733443	1.70E+08	0.0028985	Sim	Sim	Sim	Sim
2º	0.852	Madeireiro	2719889	65	13618296	94212	42319	0.022128	Não	Não	Sim	Sim
3º	0.841	Bebidas	11037698	6	489535	127956	2058974	7.17E-07	Não	Não	Sim	Sim
4º	0.806	Transporte Duas rodas	48153112	29	714786	388217	21711388	4.99E-07	Não	Não	Sim	Sim
5º	0.803	Termoplástico	1.96E+08	31	318660617	1878808	92512409	0.0755415	Não	Não	Não	Sim
6º	0.802	Mecânico	55454702	25	2189188	84785	22477015	3.30E-07	Sim	Sim	Sim	Sim
7º	0.787	Termoplástico	2.35E+08	32	1502E+09	3340328	1.29E+08	0.0756656	Não	Não	Sim	Sim
8º	0.777	Elet. Componentes	2984853	127	2021166	92563	233622	0.0017398	Não	Não	Sim	Sim
9º	0.771	Elet. Bens Finais	1925749	39	3446094	83657	188406	0.000275	Não	Não	Não	Sim
10º	0.770	Bebidas	1.48E+08	175	8561761	928380	5735405	0.8668911	Sim	Não	Sim	Sim
		MÉDIA	31395760030	68.5	1856108310	325123490	4951595380	0.10	30%	20%	70%	100%

FONTE: Elaboração dos autores. NOTA: *M. O. = Mão de obra.

4. Considerações finais

O artigo teve como principal objetivo analisar o processo de adoção de introdução de inovações pelas empresas situadas no PIM no período recente, por meio da análise de seus impactos na eficiência dessas empresas. Utilizou-se, para tanto, a técnica paramétrica de fronteira estocástica, bem como dados primários e secundários, para o período de 2000 a 2006.

Esse trabalho foi embasado em dois pressupostos teóricos básicos descritos acima da teoria da Organização Industrial, dentro da abordagem Evolucionária²⁴ (Nelson; Winter, 1982; Dosi, 2006), corroborou sua hipótese de influência no desempenho da empresa, no caso, quanto a sua eficiência.

Assim, os resultados da fronteira estocástica mostraram que além das *proxies* para trabalho, capital físico, da variável representante do custo com ICMS, da medida de concentração da indústria, as variáveis inovações em processo e inovações ambientais apresentaram-se de forma significantes na explicação do faturamento das empresas no período de referência. Entretanto, as variáveis exigência ambiental e inovação em produto não o foram. Com relação à eficiência, os resultados apontaram que a maior parte da variabilidade na produção advém da ineficiência técnica e não de fatores aleatórios; ou seja, reduzindo a ineficiência técnica das empresas pode-se obter melhores resultados quanto à produção e seu valor.

Ainda com relação aos resultados do modelo de fronteira estocástica, foram elaborados dois cenários comparando-se as empresas a partir dos escores de eficiência estimados. No primeiro cenário – que compara as dez empresas mais eficientes com as dez empresas menos eficientes no ano de 2006 – observa-se que as dez empresas mais eficientes atendiam as exigências ambientais vigentes na legislação nacional e/ou regional e sete delas faziam algum tipo de inovação ambiental, diferentemente das empresas menos eficientes em que apenas oito delas atendiam as exigências ambientais e apenas cinco faziam algum tipo de inovação ambiental. Observa-se, também, que o faturamento médio do grupo das dez empresas mais eficientes é cerca de 40 (quarenta) vezes superior ao faturamento médio do grupo das dez empresas menos eficientes.

Já no segundo cenário – que compara as dez empresas mais eficientes no ano de 2001 com as dez empresas mais eficientes no ano de 2006 – um importante resultado diz respeito ao fato de que todas as empresas em 2006 passaram a atender as exigências ambientais vigentes na legislação nacional e/ou regional, diferentemente do ano de 2001 em que apenas seis empresas atendiam as referidas exigências. Em relação às inovações ambientais, os resultados também indicam que ocorreu uma melhora, embora pequena, em que no ano

24 A Teoria Evolucionária toma como preceitos básicos a Teoria Schumpeteriana em sua interpretação do processo de mudança técnica (Ruttan, 1997).

de 2001 apenas seis empresas faziam algum tipo de inovação ambiental e em 2006 passaram a ser sete empresas.

Portanto, os resultados permitem concluir, que as empresas que vêm adotando técnicas produtivas mais limpas e, assim fazendo inovações ambientais da forma explicitada no texto, no período analisado, têm conseguido obter um desempenho mais satisfatório, em termos de eficiência - aumentando seu faturamento (o que pode se deduzir de seu *market-share*).

Referências

AIGNER, D.J.; CHU, S. F. (1968). On estimating the industry production function. *American Economic Review*, v. 58, p. 826-839.

AIGNER, D. J.; LOVELL, C. A. K. SCHMIDT, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production functions models. *Journal of Econometrics*, v. 6, p. 21-37.

BANKER, R. D. (1996). Hypothesis tests using data envelopment analysis. *The Journal of Productivity Analysis*, v. 7, p. 138-158.

BATTESE, G. E. (1992). Frontier production function and technical efficiency: a survey of empirical applications in agricultural economics. *Agricultural Economics*, v. 7, p. 185-208.

BATTESE, G. E.; COELLI, T. J. (1995). A model for technical inefficiency effects in stochastic frontier production functions for panel data. *Empirical Economics*, 20, p. 325-332, 1995.

BAUER, P. W. (1990). Recent developments in the econometric estimation of frontiers. *Journal of Econometrics*, v. 46, p. 39-56.

BELL, M.; PAVITT, K. (1993). Technological accumulation and industrial growth: contrast between developed and developing countries. *Industrial and Corporate Change*, v. 2, n.2.

CIMOLI, M.; DOSI, G.; STIGLITZ, J.E. (2008). The political economy of capabilities accumulation: the Past and Future of Policies for Industrial Development. *Laboratory of Economics and Management Sant'Anna School of Advanced Studies – LEM. Working Paper Series*. July 2008/15.

DASGUPTA, S.; HETTIGE, H.; WHEELER, D. What improves environmental compliance: evidence from Mexican industry. *Journal of Environmental Economics and Management*, [S.l.], v. 39, p 23-48, 2000.

DOSI, Giovanni. (1982). Technological paradigms and technological trajectories. A Sugested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy* 11. p. 147-162.

DOSI, Giovanni. (1991). *Una Reconsideración de las condiciones y los modelos del desarrollo. Una perspectiva “Evolucionista” de la innovación, el comercio y el crecimiento.* Mexico: *Pensamento Iberoamericano*. [S. I], n. 20, p. 167 –191.

DOSI, Giovanni. (2006). *Mudança técnica e transformação industrial: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores.* Tradução: Carlos D. Szlak. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2006.

DOSI, G.; CIMOLI, M. (1992). *Tecnología y Desarrollo. Algunas consideraciones sobre los recientes avances en la economía de la innovación.* IN:URANGA, M. G.; PADRON, M.S. & PUERTA, Enrique de la (compiladores), Madrid: *Economía Crítica*, 1992.

ESTY, D. C.; WINSTON A. S. (2008). *O verde que vale ouro.* Tradução Ana Beatriz Rodrigues. Rio de Janeiro: Elsevier.

FÄRE, Rolf; GROSSKOPF, Shawna; NORRIS, Mary; ZHANG, Zhongyang. (1994). *Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries.* *The American Economic Review*, vol. 84, N. 1, p. 66-83.

FREEMAN, Christopher (1994). *The economics of technical change: critical survey.* *Cambridge Journal of Economics*, 18, p. 463-514.

FREEMAN, Christopher; SOETE, Luc. (2008). *A economia da inovação industrial.* Tradução: André Luiz Sica de Campos e Janaina de Oliveira Pamplona da Costa. Campinas-SP: UNICAMP.

FORSUND, F. R.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. (1980). *A survey of frontier productivity functions and their relationship to efficiency measurement.* *Journal of Econometrics*, v. 13, p. 5-25.

FURTADO, A. (Coord.), *Capacitação Tecnológica, Competitividade e Política Industrial: uma abordagem setorial e por empresas líderes.* Brasília: Texto para Discussão nº 398, IPEA, 1994.

GARCIA, E. (2004). *Zona Franca de Manaus: história, conquistas e desafios.* Manaus: Norma/SUFRAMA.

GRAY, W.B.; DEILY, M.E. (1996). *Compliance and Enforcement: Air Pollution regulation in U. S. steel industry.* *Journal of Environmental Economics and Management*. v. 31, p. 96 -111.

GREEN, W. I. I. (1993). *The econometric approach to efficiency analysis.* In: Fried, H. O.; Lovell, C. A. K.; Schmidt, S. S. (eds.), *The measurement of productivity efficiency: techniques and applications.* New York: Oxford University Press, p. 68-119.

JONDROW, J. et al. (1982). *On the estimation of technical inefficiency.* *Journal of Econometrics*, v. 19, p. 233-238.

KUMBHAKAR, Subal e LOVELL, C. A. Knox (2000). *Stochastic frontier analysis*. Cambridge: Cambridge Press.

LALL, Sanjaya (2005). A mudança tecnológica e a industrialização nas economias de industrialização da Ásia: conquistas e desafios. In: KIM, L; NELSON, R. R. (org.). *Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente*. Campinas-SP: UNICAMP.

LASZLO, Chris (2007). *A empresa sustentável*. Tradução Rui Alberto Pacheco. Lisboa-Portugal: Insituto PIAGET.

LAVILLE, Élisabeth. *A empresa verde*. São Paulo: Ôte, 2009.

MACHADO, J. A. C. et al. (2006). Metamorfoses do modelo Zona Franca de Manaus: desafios à pesquisa e ao planejamento do desenvolvimento regional. In: SHERER, E.; OLIVEIRA, J. A. (org.). *Amazônia políticas públicas e diversidade cultural*. Rio de Janeiro: Garamond, p. 16-23.

MARINHO, Emerson; ATALIBA, Flávio e LIMA, Francisco. (2002). Produtividade, variação tecnológica e variação de eficiência técnica das regiões e estados brasileiros. *Estudos Econômicos*, São Paulo, vol. 32, n. 2, p. 367-407.

MARINHO, Emerson e BITTENOURT, Almir. (2007). Produtividade e crescimento econômico na America Latina: a abordagem da fronteira de produção estocástica. *Estudos Econômicos*, São Paulo, vol. 37, p. 5-33.

MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, v. 18, n. 2, p. 435-444, June, 1977.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change. (1984). *Research policy*, 13, p.343-373.

RIVAS, A.; MOTA, J. A.; MACHADO, J. A. C. (org.) (2009). *Instrumentos econômicos para a proteção da Amazônia: a experiência do Pólo Industrial de Manaus*, Curitiba: CRV, Piatam Instituto.

ROSENBERG, N. (2006). *Por dentro da caixa preta: tecnologia e economia*. Campinas: UNICAMP.

RUTTAN, Vernon W. (1997). Induced innovation, evolutionary theory and path dependence: source of technical change. *The Economic Journal*, 107 (September), p. 1520-1529.

SOUZA, G. S.; ALVES, E.; ÁVILA, A. F. D. (1997). Produtividade e eficiência relativa de produção em sistemas de produção de pesquisa agropecuária. *Revista Brasileira de Economia*, v. 51, n. 3, p.281-307.

STERN, N. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University 2007.

STIGLITZ, J. E. (1997). Market Failures, public goods, and externalities. In: MALINVAUD, E. (ed). *Development strategy and market economy*. Oxford: Oxford University Press.

SUFRAMA (2008). URL: http://www.suframa.gov.br/modelozfm_ind_indicadores.cfm.

SUFRAMA/SAP/CGPRO/COISE. Indicadores de desempenho do Pólo Industrial de Manaus, 1988/2007.

THOMAS, Janet; CALLAN, Scott J. *Environmental Economics: applications, policy and theory*. USA: CENCAGE Learning Inc, 2007.

TEECE, David J. (2005). As aptidões das empresas e o desenvolvimento econômico: implicações para a economia de industrialização recente. In: KIM, L; NELSON, R. R. (org.). *Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente*. Campinas-SP: UNICAMP.

TULKENS, H. (1993). An FDH efficiency analysis: some methodological issues and applications to retail banking, courts, in urban transit. *The Journal of Productivity Analysis*. v. 4, p. 183- 210.

WOOLDRIDGE, J. M. (2003). *Introductory econometrics: a modern approach*. 2ed. Washington, DC – USA: South-Western ; Thomson Learning.

WOOLDRIDGE, J. M. (2003). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge, Massachusetts, USA: The MIT Press.