

INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NAS INDÚSTRIAS BRASILEIRAS E SEUS IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE: UMA ANÁLISE ATRAVÉS DA PINTEC

Carolina Rodrigues Corrêa¹
Lindomar Pegorini Daniel²
Sílvia Harumi Toyoshima³
Adriano Alves de Rezende⁴

RESUMO

O objetivo deste artigo é avaliar possíveis efeitos das mudanças tecnológicas implementadas pelas empresas brasileiras na mitigação de impactos negativos ao meio ambiente. Para isso foi analisada uma amostra das empresas que inovaram e os seus registros quanto ao consumo de matéria prima, energia elétrica e de água, utilizado-as como *proxy* de danos ambientais. A avaliação dos dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC 2005) sugere que as inovações relativas ao meio ambiente vem aumentando no país. Os resultados, obtidos por meio de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e por um modelo de Poisson, indicam que as inovações utilizadas, entre 2003-2005, reduziram o consumo de matéria-prima, energia elétrica e água. A conclusão geral é que parece ter aumentado a preocupação, no Brasil, na implementação de inovações que reduzam as pressões das atividades produtivas sobre o meio ambiente.

Palavras-chaves: Inovação Tecnológica; Meio Ambiente; Mudança Tecnológica; Tecnologia Ambiental.

ABSTRACT

The objective of this paper is evaluate the possible effects of technological changes implemented by brazilian companies in mitigation of negative impacts on the environment. For that, was analyzed a sample of companies that innovated and their consumption of raw materials, electricity and water, used them as a proxy for environmental damage. The evaluation of the database shows that environmental innovation is increasing in Brazil. The results, obtained by Least Squares (LS) and by Poisson show that implemented innovation reduced the consumption of raw materials, electricity and water. Concludes that it seems to have increased, in Brazil, the worry about implement innovations that reduce the pressures of production on the environment.

Key Words: Technological Innovation, Environment, Technological Change, Environmental Technology.

1. INTRODUÇÃO

O objetivo do presente artigo foi avaliar possíveis efeitos da implementação de inovações, por empresas de âmbito nacional, sobre o meio ambiente.

A maioria das teorias do crescimento e desenvolvimento econômico modernas apontam a inovação tecnológica como um estímulo fundamental ao desenvolvimento dos países, seguindo a tradição schumpeteriana. A obra de Schumpeter⁵ (1961, 1982) é considerada seminal no tocante a considerar a inovação como motor do desenvolvimento econômico. A capacidade e a iniciativa dos empresários, amparada nas descobertas de cientistas e inventores, geram novas oportunidades de investimentos, com impactos

¹ Professora Substituta Assistente do Departamento de Economia da UFV

² Mestre em Economia pela UFV

³ Professor Associado de UFV

⁴ Mestre em Economia pela UFV

⁵ Capitalismo, Socialismo e Democracia escrito em 1943 e Teoria do Desenvolvimento Econômico, de 1911.

positivos sobre o crescimento e o emprego. Os lucros que se originam dessas inovações se tornam um fomento decisivo para novas ondas de investimento, na medida em que atraem grande quantidade de imitadores, configurando a fase ascendente do ciclo econômico por meio do processo de difusão das inovações.

Recentemente, tanto a vertente mais tradicional, representada pelos teóricos do crescimento endógeno, como Luckas (1988) e Romer (1990 e 1994), como a considerada mais heterodoxa, representada pelos teóricos evolucionários, como Nelson e Winter (1982), Freeman (1984) e Dosi (1988), dentre outros, resgataram as principais ideias de Schumpeter, recomendando o fomento à inovação aos gestores públicos, de modo a estimular o crescimento das economias.

O resultado tem sido a rápida disseminação do padrão atual do desenvolvimento capitalista por diversas regiões do mundo, o que implica uma pressão negativa sobre o meio ambiente de duas formas: 1ª) geração de resíduos tanto por parte dos consumidores como dos produtores e a emissão de poluentes; e 2ª) esgotamento dos recursos naturais não renováveis. Segundo Andrade (2004), as tecnologias modernas, fundamentadas no uso intensivo de recursos energéticos e na emissão de poluentes, representariam o grande fator de desestabilização do meio ambiente.

Por outro lado, à inovação tecnológica vem sendo creditada como forma de suavizar os impactos negativos sobre o meio ambiente, ao produzir tecnologias que minimizem os efeitos das atividades produtivas sobre o meio ambiente (JAFFE *et al*, 2004). Nesse sentido, as inovações tecnológicas teriam tanto um impacto negativo, como outro positivo sobre a natureza.

Altvater (1995) afirma que o desenvolvimento econômico e o meio ambiente deverão ter reciprocidade, porque as atividades econômicas transformam o meio ambiente e este, ao ser alterado, pode constituir em restrição para o futuro, pois seus recursos são esgotáveis e a sociedade capitalista é expansiva no tempo e no espaço.

A preocupação com o meio ambiente acentuou-se, principalmente, como consequência dos choques do petróleo ocorridos na década de 1970, que acarretaram danos econômicos para quase todos os países. O petróleo antes visto como um insumo energético abundante e praticamente inesgotável, após seu encarecimento abrupto, gerou o debate acadêmico sobre o tipo de modelo de desenvolvimento econômico que vinha sendo tomado. Assim, a elaboração de um modelo de desenvolvimento sustentável representou uma indicação de mudança do paradigma de crescimento vigente. Atualmente, o debate ambiental alcança vários focos como a poluição, o aquecimento global e a preservação da fauna e flora (OLIVEIRA E JUNIOR, 2004).

No caso do Brasil, a estratégia de crescimento adotada, baseada na industrialização por substituição de importações, privilegiou setores altamente poluidores. Embora o país tenha avançado na formação de uma matriz industrial diversificada, isso se deu a partir do uso intensivo de recursos naturais, ao invés de expandir a capacidade de

gerar ou absorver progresso técnico. A concentração em atividades poluidoras aumentou ainda mais a partir da estabilização dos investimentos do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), que resultou em forte expansão de indústrias de grande potencial poluidor (principalmente dos complexos metalúrgico e químico/petroquímico). Desse modo, regras rígidas de regulação ambiental prejudicariam o crescimento brasileiro nos moldes estabelecidos, além de que na época, a questão ambiental não tinha tanta visibilidade como tem hoje (YOUNG E LUSTOSA, 2001).

Diante desse quadro, a questão importante que surge é se seria possível proporcionar os atuais padrões de consumo globais a todos os indivíduos sem deteriorar o meio ambiente. Ou seja, se o progresso tecnológico pode caminhar no sentido de possibilitar um desenvolvimento sustentável para mais de 6 bilhões de pessoas. Pode-se perceber que grande parte dos autores, que estudaram sobre o tema inovação, não avaliou efetivamente a sustentabilidade ambiental. Desse modo, torna-se importante verificar a relação da inovação tecnológica com a degradação ambiental, e assim avaliar em que medida o progresso tecnológico pode reduzir os impactos do crescimento econômico ao meio ambiente.

Assim, o objetivo deste trabalho é analisar a existência da relação entre inovação tecnológica e redução dos impactos negativos ao meio ambiente. Mais especificamente, pretende-se avaliar os efeitos das inovações sobre a economia de matéria-prima, de energia e de água no processo de produção.

A relevância desse tipo de pesquisa encontra-se na escassez de trabalhos sobre o tema, no Brasil, para verificar a importância das inovações na indústria brasileira para a mitigação dos efeitos nocivos de sua atividade produtiva sobre o meio ambiente.

O restante do artigo, além dessa Introdução, está dividida em mais 4 sessões. A segunda apresenta alguns aspectos teórico sobre inovação, enfatizando a inovação ambiental; a terceira trata da metodologia do trabalho; a quarta apresenta os principais resultados; e, por fim, a última sessão refere-se às conclusões da pesquisa.

2. INOVAÇÃO AMBIENTAL

2.1 Algumas questões teóricas

De acordo com Nelson (2000), diversas épocas econômicas são marcadas por diferentes agrupamentos de tecnologia e ramos associados dando origem ao termo onda de inovação, sendo que, a partir da Revolução Industrial, já foram identificadas cinco grandes ondas de inovações⁶.

⁶ Essas ondas podem ser descritas como: 1ª onda (1790-1847): máquina a vapor, madeira e ferro; 2ª onda (1848-1893): carvão, fundição, estradas de ferro e materiais de construção; 3ª onda (1894-1945): aço, eletrônica, motor a combustão interna, mecânica, química mineral e produção de gás; 4ª onda (1946-1973): petroquímica, pequeno motor elétrico, radiofonia, televisão, computador, energia

Cada uma delas representa, segundo a interpretação schumpeteriana, um ciclo de negócios completo, em que a fase inicial é marcada pela inovação e a fase ascendente do ciclo pela difusão da inovação, quando esta é bem-sucedida. A fase de maior crescimento econômico é, assim, fomentada pelos dois processos. As empresas investem recursos consideráveis em pesquisa e desenvolvimento (P & D) para introduzir algum tipo de melhoria, seja no produto, seja na redução de custos, ou ainda alguma outra inovação, a fim de aumentar seus lucros (SEGERSTROM, 1991).

Dentre as preocupações atuais, no que se refere às inovações implementadas no processo produtivo, destacam-se aquelas que poupam a natureza, que podem ser descritas como aquelas que resultam em benefícios ao meio ambiente, independentemente do seu objetivo inicial. De qualquer forma, tem surgido um novo direcionamento para P&D com fins de geração de tecnologias que de algum modo impacte positivamente nas condições ambientais (FERREIRA & KIPERSTOK, 2007).

A inovação ambiental pode reduzir os custos das firmas relacionados com o cumprimento de normas ambientais e ainda satisfazer as exigências de Organizações Não-Governamentais (ONGs) e consumidores ecologicamente conscientes. Dessa forma, poderia conduzir a mudanças nos padrões ambientais mesmo que as normas governamentais não se alterem (FLORES e INNES, 2010).

Neste contexto, discute-se o papel do mercado e do governo sobre as inovações tecnológicas e a qualidade e conservação do meio ambiente. A tecnologia ecológica é o elemento chave para a questão do desenvolvimento sustentável, pois tem potencial para dar um passo à frente no dilema entre crescimento econômico e qualidade ambiental (OOSTERHUIS, 2006a).

Os impactos negativos da atividade econômica sobre o meio ambiente, que são conhecidos como externalidades negativas, acabam afetando negativamente o meio ambiente e a própria qualidade de vida da atual e, principalmente, das futuras gerações (DALY E FARLEY, 2004). Jaffe *et al* (2004) concluem que a poluição gera externalidades negativas onde a firma colhe os benefícios e outros incorrem com os custos. Mas observam que as inovações ambientais trazem melhorias tecnológicas e podem ser benéficas ao meio ambiente e à firma no cumprimento da legislação ambiental.

As inovações ligadas ao meio ambiente causam mudanças no produto, bens de capital, habilidades requeridas, rotinas organizacionais, relações com produtores e consumidores, dentre outras (OOSTERHUIS, 2006a).

nuclear, satélites, aviação comercial, transistor e semicondutor; 5ª onda (1974-1993): microeletrônica, chip, telecomunicações, robótica, química fina, biotecnologia, fibras óticas, dentre outras áreas de inovação.

O autor ainda destaca que existem muitas maneiras de distinguir os tipos de inovação ambiental:

- Inovação incremental e inovação radical: a primeira causa pequenas mudanças no produto ou no processo de fabricação, não afetando as rotinas existentes. Já a segunda causa mudanças fundamentais no sistema existente. Geralmente as inovações ambientais situam-se entre os dois extremos.
- Inovação de pequena escala e inovação de grande escala (ou de transição): a primeira causa mudanças específicas em firmas, nos processos de produção, nas indústrias ou a um produto particular ou grupo de consumidores, enquanto a última afeta todo o sistema técnico-social vigente.

Podem-se ainda distinguir as tecnologias ambientais quanto ao mecanismo particular ao qual reduzem o impacto ambiental: a) tecnologias de “fim de cano”, que são aquelas que reduzem, isolam ou neutralizam poluentes depois que foram gerados; b) tecnologias limpas, que se referem às mudanças que ocorrem nos processos de produção, a fim de reduzir a emissão de poluentes ou diminuir o uso de recursos ou o consumo de energia; e, por fim, c) inovações que são incorporadas ao produto final para que este contenha menos substâncias nocivas ao meio ambiente, consuma menos energia ou reduza a quantidade de recursos utilizados em sua fabricação.

Incluem-se, ainda, como inovação ambiental, as mudanças organizacionais que, em conjunto com as tecnologias ambientais, contribuem para a redução dos impactos ambientais. Novas tecnologias e novos modelos de gestão possuem um papel-chave na solução dos problemas ambientais, que em um futuro próximo significarão, além da manutenção de nossa sociedade, a oportunidade de geração de valor.

Segundo Oosterhuis (2006b), a principal característica da inovação ambiental é que seu uso reduz o impacto negativo sobre a natureza, incluindo o uso de recursos. Como evidência a esta afirmação, complementa que as novas tecnologias reduziram muito o consumo de energia de diversos tipos de equipamentos utilizados em escritórios como computadores, copiadoras, monitores, dentre outros, que eram grandes consumidores de eletricidade Oosterhuis (2006a).

As pesquisas realizadas sugerem que a maior parte da redução de emissões de gás carbônico (CO₂) está relacionada com melhoramentos tecnológicos, dentre os quais se podem citar a evolução da injeção de combustível que aumentou a eficiência dos motores (KUIK, 2006).

2.2. Políticas para proteção do meio ambiente

Os tipos de inovações ambientais e a forma como surgem dependem da direção e da velocidade que as pesquisas tomam e também do setor da economia em que é

introduzida. Vários autores argumentam a importância da participação do Estado no processo de inovação ambiental.

A inovação ambiental é induzida pelos padrões de emissões mais rígidos previstos antecipadamente, ou seja, ela pode ser induzida pelas políticas de regulação ambiental impostas pelo governo (FLORES e INNES, 2010).

As políticas de redução de poluição têm dois efeitos: reduzem a poluição hoje, e alteram os incentivos para que as firmas invistam no desenvolvimento de novas tecnologias para o futuro. A política tecnológica pode incorrer em elevados custos, contudo, ela pode ser usada como substituta, preferencialmente como complemento, de políticas ambientais (JAFFE *et al*, 2004).

Dessa forma, observa-se que a intervenção do governo com relação à regulação ambiental pode induzir o processo de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e o surgimento de inovações ambientais. Porém, o Estado deve atuar não somente regulando, mas também incentivando o desenvolvimento de novas tecnologias que reduzam os impactos sobre o meio ambiente.

Existem vários instrumentos de política que podem ser usados para estimular diretamente o processo de P&D. Primeiro, podem ser premiadas patentes para tecnologias novas que são o modo principal de promover mais inovação. Segundo, o governo também pode aumentar inovação subsidiando *ex ante* o processo de P&D. Uma terceira opção seria um prêmio *ex post* (PARRY, 2001).

Jaffe *et al* (2004) encontraram evidências teóricas e empíricas que sugerem que a taxa e a direção do avanço tecnológico são influenciadas pela regulação e incentivos do mercado, e podem ter sua rentabilidade aproveitada através de incentivos econômicos por meio de políticas. Na ausência de políticas ambientais, o investimento no desenvolvimento e na difusão de novas tecnologias ambientalmente benéficas será provavelmente muito menor do que o socialmente desejável.

Apesar de ser identificada como importante para a inovação ambiental a atuação do governo não é o único fator responsável pelas iniciativas de P&D ambiental. Outros determinantes da inovação ambiental são: os novos conhecimentos e oportunidades tecnológicas (abordagem da oferta); o papel do mercado consumidor e outros estímulos econômicos (abordagem da demanda); e as condições de apropriação da inovação (estar na vanguarda da tecnologia, deter o segredo de produção ou submeter a uma patente) (OOSTERHUIS, 2006b).

A título de ilustração pode-se citar o caso da inovação ambiental no setor automobilístico, onde os principais motivos para inovações ambientais no produto são as preferências dos clientes e a pressão sobre os preços, a regulação ambiental e a política ambiental da companhia. De outro lado, as inovações ambientais no processo de fabricação são motivadas pelos seguintes fatores: a) abertura de novos mercados; b) vantagens competitivas devido à redução da quantidade de recursos utilizados; c)

Protocolo de Kioto para redução da emissão de CO₂; d) políticas ambientais de regulação; e, e) política ambiental da própria empresa (KUIK, 2006).

Desse modo, é possível observar que vários fatores influenciam a inovação ambiental na atualidade, e pode-se dizer que com as crescentes pressões ambientalistas tal influência deve se tornar cada vez maior. Assim, é possível que as empresas invistam cada vez mais em tecnologias mais limpas e poupadoras de recursos naturais não renováveis.

3. METODOLOGIA

Neste trabalho foi avaliada a relação entre inovação tecnológica e redução de impactos ambientais negativos no Brasil.

Para tanto foram coletados dados do número de empresas que implementaram inovações no Brasil, por área de atuação, entre os anos de 2003 e 2005. Também foram utilizados dados sobre o montante de empresas que inovaram, quantas delas tiveram redução de gastos com matéria-prima, consumo de energia elétrica, consumo de água e quantas não observaram mudanças relativas à adoção de inovações.

A redução no consumo destes três insumos representa também a diminuição de impactos ambientais negativos, uma vez que reduzir a utilização de matéria-prima e o consumo de energia e água são formas de amenizar o emprego de recursos naturais e preservar a fonte dos mesmos.

Os dados da pesquisa foram retirados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) de 2005. Foram utilizados trinta e oito ramos de atividade, sendo que destes, cinco são do setor de serviços e os demais da indústria de transformação. A discriminação destes setores encontra-se no anexo I. As informações da pesquisa dizem respeito, principalmente, às empresas que implementaram inovações, ou seja, lançaram produto e/ou processo tecnologicamente novo ou substancialmente aprimorado durante o período de 2003 a 2005.

Em seguida, estimou-se uma regressão linear simples, pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e, visto que os dados são discretos, estimou-se, também, uma regressão pelo método de Poisson, para efeito de comparação.

A principal diferença entre os modelos de regressão por MQO e Poisson é a distribuição de probabilidade que cada método assume. O MQO assume uma distribuição normal e, sob certas premissas, fornece uma estimação linear dos parâmetros do modelo, enquanto que o método de regressão de Poisson, como o próprio nome sugere, adota a distribuição de probabilidade de Poisson que provê uma estimação não linear dos parâmetros do modelo. Devido a unidade de medida em que se encontram os dados, contáveis ou discretos, possibilita a estimacão de ambos os modelos para efeito de comparação do poder de explicacão de cada método.

A distribuição de Poisson é utilizada quando se deseja encontrar o número de eventos de certo tipo, que ocorrem em um intervalo de tempo (FERREIRA, 2005, p.113). Sob certas circunstâncias, como é o presente caso, a distribuição de Poisson pode ser utilizada para aproximar probabilidades de dados binomiais, sendo adequada a um grande número de observações e a probabilidade de que o evento esperado ocorra (sucesso), encontra-se próxima de zero ou de um. Sua vantagem reside no fato de que a precisão dos resultados é pouco afetada e o trabalho necessário para utilizá-la é relativamente menor (STEVENSON, 2001, p.126).

O modelo de Poisson também é utilizado para modelar fenômenos raros ou pouco frequentes, onde a variável subjacente é discreta, assumindo apenas um único número finito de valores. Sua utilização é recomendada para modelar a distribuição de probabilidade para dados contáveis (GUJARATI, 2006, p.500). Este é o caso dos dados deste trabalho, que representam um número finito de empresas.

Foram utilizados o teste de Breusch-Pagan-Godfrey para testar a presença de heterocedasticidade, a qual viesaria os resultados obtidos pelas regressões, comum neste tipo de série de dados em corte transversal (*cross section*). Também foi realizado o teste de Jarque-Bera para testar a normalidade dos erros, visto que essa pressuposição está contida na maioria dos testes de hipótese, além de ser um requisito necessário à estimação por Poisson. Por fim, foi feita a correção da heterocedasticidade pela matriz de White.

As regressões estimadas por MQO e Poisson foram respectivamente:

$$\begin{array}{ll} \text{Equação 1:} & \text{MQO: } RMP = \beta_0 + \beta_1 EI ; \text{ Poisson: } RMP = \exp^{\beta_0 + \beta_1 EI} \\ \text{Equação 2:} & \text{MQO: } RCE = \alpha_0 + \alpha_1 EI ; \text{ Poisson: } RCE = \exp^{\alpha_0 + \alpha_1 EI} \\ \text{Equação 3:} & \text{MQO: } RCA = \rho_0 + \rho_1 EI ; \text{ Poisson: } RCA = \exp^{\rho_0 + \rho_1 EI} \end{array}$$

Onde:

RMP = Empresas que tiveram redução no consumo de matéria-prima;

RCE = Empresas que tiveram redução no consumo de energia elétrica;

RCA = Empresas que tiveram redução no consumo de água; e

EI = Empresas que implementaram inovações entre os anos de 2003 e 2005.

Nas equações 1, 2 e 3, tanto para o método de MQO quanto para o de Poisson, a variável independente EI representa o número de empresas que efetivamente implementaram inovações de produto ou de processo produtivo entre 2003 e 2005. Já as variáveis dependentes dessas equações RMP, RCE e RCA, que são proxys para a redução do impacto ambiental, apresentam somente o número de empresas, dentre o total, que registraram redução no consumo de matéria prima, energia elétrica e água, respectivamente.

Com isso, pode-se determinar a relação entre inovações e redução do gasto de recursos naturais e, assim, se as inovações contribuem para a redução de impactos ambientais negativos.

4. RESULTADOS

4.1 Inovação e crescimento econômico no Brasil

O Brasil tem vivenciado uma fase de sensível crescimento econômico⁷, oportunidade para a alocação dos recursos e esforços em prol do desenvolvimento social e econômico, de modo que alterações na qualidade ambiental e suas consequências podem atuar como um *driver* da inovação em diversos segmentos da indústria e serviços. Tecnologias sustentáveis incluem todos os produtos, serviços, processos e sistemas que trazem como vantagem menor impacto ambiental que os processos tradicionalmente conhecidos e utilizados (USP Inovação, 2010).

Destaca-se que a estratégia de crescimento adotada pelo Brasil, baseada na industrialização por substituição de importações, privilegiou setores altamente poluidores. Embora o Brasil tenha avançado na formação de uma matriz industrial diversificada, isso se deu a partir do uso intensivo de recursos naturais, ao invés de expandir a capacidade de gerar ou absorver progresso técnico (YOUNG E LUSTOSA, 2001). A concentração em atividades poluidoras aumentou ainda mais a partir da estabilização dos investimentos do II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), que resultou em forte expansão de indústrias de grande potencial poluidor (principalmente dos complexos metalúrgico e químico/petroquímico).

Desse modo, regras rígidas de regulação ambiental prejudicariam o crescimento brasileiro nos moldes estabelecidos, além de que na época, a questão ambiental não tinha tanta visibilidade como tem hoje.

É conhecido o argumento de que países em desenvolvimento, como no caso do Brasil, teriam seu processo de crescimento prejudicado por uma regulação ambiental muito rígida. O crescimento econômico e preservação ambiental são comumente considerados objetivos contrários. Existem muitas evidências comprovando que a industrialização, a ampliação da fronteira agrícola e a urbanização criam fortes pressões na economia, seja pela grande utilização de recursos naturais exauríveis nos processos produtivos, ou devido à geração de poluição que degrada o meio ambiente. Argumenta-se também que as nações mais ricas alcançaram níveis satisfatórios de crescimento à custa destas perdas ambientais (MOTTA, 1996).

Desse modo, seria impossível para os países em desenvolvimento alcançarem o mesmo padrão de crescimento dos desenvolvidos, sem gerar impactos ambientais desastrosos, dada a tecnologia atualmente disponível. De qualquer forma, parece ter

⁷ Retomado após a crise financeira mundial de 2008.

havido progresso em relação à preocupação na geração de inovações que preservem mais o meio ambiente.

Em relação às patentes vinculadas às tecnologias ambientais, observou-se que houve um crescimento nos depósitos destas, no período de 25 anos (Figura 1), representando bem a mudança de perfil da sociedade brasileira quanto à preocupação na redução dos efeitos produtivos sobre a natureza.

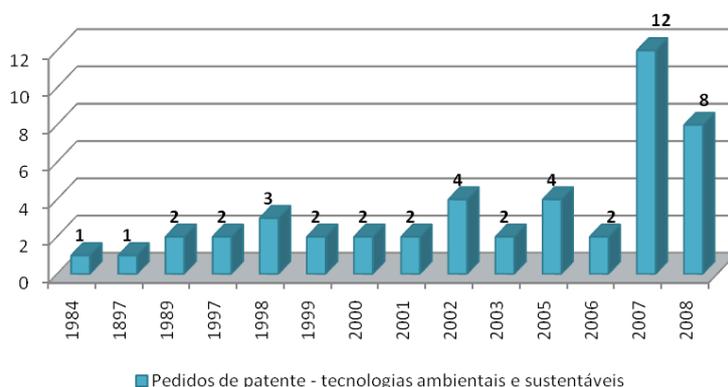


Figura 1 – Evolução dos pedidos de patentes (tecnologias ambientais e sustentáveis).

Fonte: Adaptado de USP Inovação, 2011.

Já a Figura 2 abaixo expõe a participação das empresas inovadoras que usaram programas de financiamento do governo, segundo as atividades selecionadas da indústria e dos serviços no Brasil, para o período de 2003 a 2005.

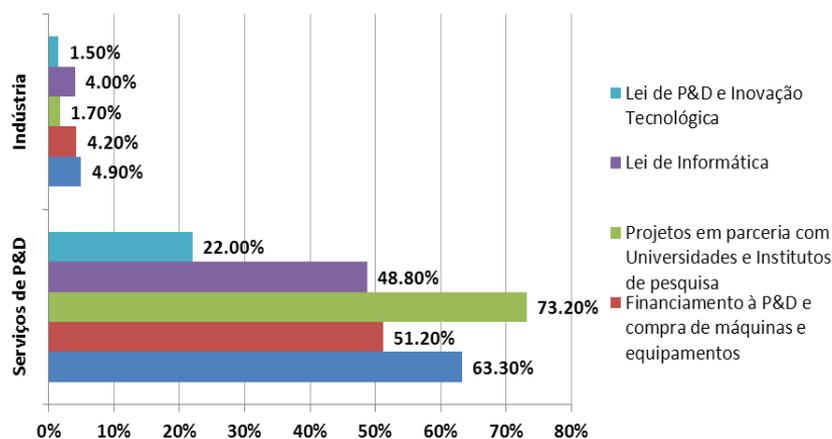


Figura 2 - Participação das empresas inovadoras, dos setores da indústria e dos serviços no Brasil, que usaram programas do governo, no período de 2003 a 2005.

Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (2005).

É possível observar que para o setor de serviços de P&D o auxílio governamental foi muito importante, visto que a participação das empresas inovadoras que o utilizam é muito elevada.

Por fim, a Figura 3 a seguir mostra os resultados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) de 2005, a respeito do impacto das inovações, apontado pelas empresas do setor industrial, no período de 2003 a 2005.

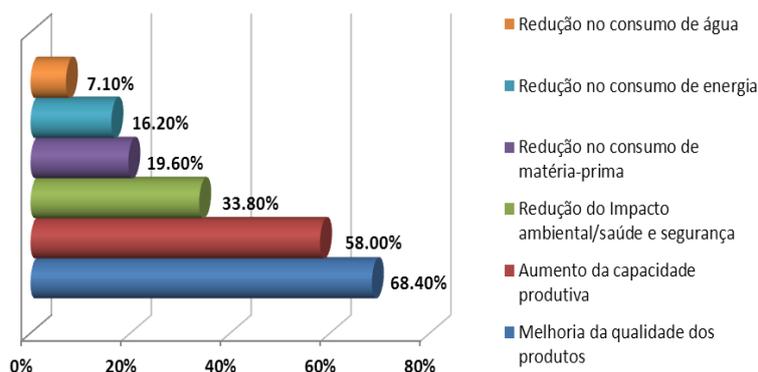


Figura 3 - Impactos das inovações apontadas pelas empresas, segundo atividades selecionadas da indústria no Brasil, no período de 2003 a 2005.

Fonte: Elaboração própria com dados da PINTEC (2005).

Dentre todos os dados disponíveis na PINTEC, foram selecionados e analisados graficamente aqueles relevantes ao presente trabalho, para mostrar o que as empresas brasileiras perceberam quanto ao efeito das inovações sobre o meio ambiente.

Observa-se que as inovações implementadas durante o período de 2003 a 2005, de acordo com as empresas pesquisadas, reduziram os impactos negativos para o meio ambiente e em aspectos ligados à saúde e segurança, em 33,8%. Embora esses dados estejam agregados, não sendo possível saber o percentual relativo ao meio ambiente, tal número é significativo, sugerindo que há preocupação em relação a aspectos não relacionados diretamente ao aumento da produtividade.

Portanto, existe a expectativa de uma relação positiva entre o surgimento de novas tecnologias e inovações ecológicas com a conservação dos recursos naturais e a melhoria dos indicadores da qualidade do meio ambiente, sendo interessante uma análise mais acurada desta relação entre inovação tecnológica e estado do meio ambiente. A próxima seção mostra os resultados das regressões.

4.2. Indicação de redução do consumo de matérias-primas, energia e água

A partir da regressão linear estimada pelo método de MQO, os resultados obtidos seguem a continuação.

Tabela 1: Resultado das regressões do número de empresas que obtiveram redução no uso de recursos naturais contra número de empresas que inovam (Estimado pelo método MQO)

	Coefficiente	Erro- Padrão	Estatística t	R² (%)
Equação 1				78,5287
Constante	-8,318701	6,718247	-1,238225	
EI	0,083829	0,010239	8,186885	
Equação 2				70,5859
Constante	-2,555447	6,632153	-0,385312	
EI	0,053403	0,009756	5,473869	
Equação 3				33,0721
Constante	8,847625	4,109664	2,152883	
EI	0,018789	0,003686	5,097197	

Fonte: Resultados da pesquisa, 2011.

Os resultados mostraram que, efetivamente, existe uma relação positiva entre inovação tecnológica e redução de consumo de matéria-prima, energia e água. Os coeficientes da EI (empresas que implementaram inovações entre os anos de 2003 e 2005) em todas as regressões estimadas foram significativos, e nas duas primeiras equações o R² foi bastante elevado.

Em termos marginais, verifica-se com relação à equação 1, que a adoção de uma inovação tecnológica adicional responde pelo registro de redução da utilização de matéria-prima de 0,083829 empresas, ou seja, se 100 empresas adotarem inovações cerca de 8 novos registros de redução da utilização de matéria prima serão contabilizados. Quanto à equação 2, o efeito marginal de uma inovação adicional é de 0,053403 sobre o consumo de energia elétrica, ou seja, a cada 100 inovações em média 5 empresas registrarão redução no consumo de energia. E, em relação à equação 3, o efeito marginal de uma inovação aditiva é de 0,018789 sobre o consumo de água, significando que a adição de 100 inovações responde pelo registro da redução do consumo de água de 1 empresa, em média.

Dessa forma, os resultados apresentados sugerem que existe uma relação diretamente proporcional entre inovação tecnológica e qualidade ambiental, ou seja, a implementação de novas tecnologias nos diversos setores econômicos trazem uma melhora nos indicadores de utilização racional dos recursos providos pelo meio ambiente.

Cabe ressaltar que os impactos relativos dessa economia sobre o meio ambiente depende do ritmo do crescimento. Quanto maior este, maior a pressão sobre a utilização dos recursos.

A Tabela 2 abaixo mostra os resultados obtidos pela estimação não linear do método de Poisson.

Tabela 2: Resultado das regressões do número de empresas que obtiveram redução no uso de recursos naturais contra número de empresas que inovam, pelo método de Poisson.

	Coefficiente	Erro- Padrão	Estatística z	R² (%)
<u>Equação 1</u>				74,0606
exp^{Constante}	3,112838	0,155085	2,007182	
exp^{EI}	0,000801	0,0000736	1,089246	
<u>Equação 2</u>				70,5079
exp^{Constante}	2,796184	0,179901	1,554289	
exp^{EI}	0,000763	0,0000732	1,042754	
<u>Equação 3</u>				0,28053
exp^{Constante}	2,625202	0,237614	1,104818	
exp^{EI}	0,000528	0,0000861	6,12705	

Fonte: Resultados da pesquisa, 2011.

Quanto ao método de Poisson, da mesma forma, todos os coeficientes, da constante e de EI, foram significativos para todas as equações. Por se tratar de dados contáveis, tal método é mais adequado a este tipo de modelo de escolha qualitativa. O resultado também aponta uma relação positiva entre inovações e redução do impacto ambiental.

Pode-se inferir, ainda, com relação às regressões pelo método de Poisson, que o efeito marginal⁸ da implementação de uma inovação tecnológica adicional sobre a redução da utilização de matéria prima, energia elétrica e água, pelas empresas, de acordo com as equações 1, 2 e 3 são 0,018, 0,012 e 0,007, respectivamente, ou seja, o aumento do número de inovações tecnológicas implementadas pelas empresas impactaram positivamente sobre o registro de redução da utilização de recursos naturais por parte das empresas.

Todas as equações, por ambos os métodos, apresentaram heterocedasticidade, que foi corrigida pela matriz de White. Também possuem erros normalmente distribuídos, segundo o teste de Jarque-Bera.

⁸ Para calcular o efeito marginal da regressão de Poisson utiliza-se a derivada com relação à variável EI e calcula-se o exponencial.

No modelo por MQO, em todas as regressões os coeficientes de EI foram significativos. Em relação à comparação entre os modelos, ambos apresentaram poder de explicação semelhante com base no coeficiente de R^2 e chegam às mesmas conclusões sobre a relação entre inovação tecnológica e meio ambiente.

Por fim, conclui-se que as inovações tecnológicas parecem caminhar no sentido de minimização de impactos ambientais negativos.

Nesse sentido, ressalta-se a importância da atuação estatal sobre questões que englobam o meio ambiente. A intervenção por parte do governo torna-se essencial seja regulando sobre questões ambientais e de saúde pública ou criando incentivos que resultem no desenvolvimento de P&D que de alguma forma impactem positivamente sobre a utilização dos recursos naturais ou da provisão do meio ambiente sustentável.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos foi possível verificar, para o Brasil, que as inovações tecnológicas efetivamente reduzem o impacto ambiental, considerando dispêndio de matéria-prima, água e energia elétrica.

Porém o surgimento de inúmeras destas inovações também trouxe consigo muitas externalidades negativas, impactando na qualidade do meio ambiente e na disponibilidade dos recursos naturais.

As ondas de inovação estão se tornando cada vez mais curtas e introduzindo novos meios para a expansão das atividades econômicas; Com isso, surge um novo tipo de inovação que se espera possibilite o processo de crescimento e desenvolvimento econômicos sustentáveis conciliados com a melhoria das condições qualitativas do meio ambiente, as inovações ambientais ou ecológicas dando origem a uma nova onda de inovação baseada na economia e conservação dos recursos naturais.

Os investimentos em novas tecnologias, assim como em P&D, representam custos elevados para as empresas. Desse modo, o papel do governo como fomentador e incentivador do processo inovador é imprescindível. O governo deve agir com incentivos como créditos subsidiados, isenção de impostos e redução da burocracia. Desta forma, cada vez mais empresas poderão inovar, e assim, reduzir ainda mais os impactos ambientais decorrentes da atividade econômica.

O acesso de um número maior de pessoas ao mercado consumidor vem pressionando a capacidade do meio ambiente, mas é necessário que o uso dos recursos naturais no presente, não afete a capacidade das gerações futuras de suprirem suas próprias necessidades. A inovação tecnológica pode ser a solução para esse paradoxo.

Sugere-se como pesquisas futuras uma maior abordagem sobre a relação meio ambiente e inovação, principalmente no setor de serviços e, adicionalmente, sua relação com o crescimento econômico onde os trabalhos são tão escassos, principalmente no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTVATER, E. **O Preço da Riqueza. Pilhagem Ambiental e a Nova (Des)Ordem Mundial**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 1995.

ANDRADE, T. **Inovação tecnológica e meio ambiente: a construção de novos enfoques**. *Ambiente & Sociedade*, v. 7, n. 1, 2004, pp.89-106.

DALY, Herman E.; FARLEY, Joshua. **Ecological Economics: principles and applications**. Washington: Library of Congress, 2004.

DOSI, Giovanni. **Institutions and markets in a dynamic world**. *The manchester school*, v. 56, n. 2, p. 119-146, 1988.

FERREIRA, M. V. G. Q.; KIPERSTOK, A. **Aplicação de um processo de inovação ambiental em uma empresa de química fina**. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 1, n. 2, p.93-110, 2007.

FERREIRA, D. F. **Estatística Básica**. Lavras: UFLA, 2005.

FLORES, Carmen E. Carrión; INNES, Robert. **Environmental innovation and environmental performance**. *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 59, n. 1, p.27-42, 2010.

FREEMAN, C. **Inovação e ciclos longos de desenvolvimento econômico**. *Ensaio FEE*, v. 5, n. 1, p. 5-20, 1984.

JAFFE, Adam B; NEWELL, Richard G; STAVINS Robert N. **A tale of two market failures: Technology and environmental policy**. *Ecological Economics*, v. 54, n.1-2, p. 164-174, 2004.

GUJARATI, D. **Econometria Básica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

KUIK, Onno. **Environmental Innovation Dynamics in the Automotive Industry: A case study in the framework of the project 'Assessing innovation dynamics induced by environment policy'**. *Institute of Environmental Studies*. Vrije Universiteit, Amsterdã, 2006.

LUCKAS, Robert E. **On the mechanics of economic development**. *Journal of Monetary Economics*, v. 22, p. 3-42, 1988.

MOTTA, R. S. **Indicadores ambientais no Brasil: aspectos ecológicos, de eficiência e distributivos**. Texto para discussão nº 403. IPEA, 1996.

NELSON, Richard R. **The Sources of Economic Growth**. First Harvard University press. 2000.

NELSON, Richard, WINTER, Sidney. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge: Belknap Press, 1982.

OLIVEIRA, L. L. S; JUNIOR, S. S. P. **O Desenvolvimento Sustentável e a contribuição dos recursos naturais para o crescimento econômico: uma aplicação para o Brasil**. Textos para discussão. UFRGS, 2004.

OOSTERHUIS, Frans. **Energy efficient Office appliances: A case study in the framework of the project 'Assessing innovation dynamics induced by environment policy'**. *Institute of Environmental Studies*. Vrije Universiteit. Amsterdã, 2006a.

OOSTERHUIS, Frans. **Innovation dynamics induced by environmental policy: Final report**. *Institute of Environmental Studies Vrije Universiteit*. Amsterdã, 2006b.

PARRY, Ian W. H. **On the Implications of Technological Innovation for Environmental Policy**. *Resources for the Future*, Discussion Paper 01-44, Washington: 2001.

PINTEC – *Pesquisa de Inovação Tecnológica*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pintec/2005/default.shtm>>. Acesso em: 19 jan. 2010.

ROMER, Paul M. **The origins of endogenous growth**. *The Journal of Economic Perspectives*, v. 8, n. 1, p. 3-22, 1994.

ROMER, Paul M. **Endogenous Technological Change**. *The Journal of Political Economy*, v. 98, n. 5, p. 71-102, 1990.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SEGERSTROM, P. S. **Innovation, Imitation, and Economic Growth.** *The Journal of Political Economy*, v. 99, n. 4, p. 807-827, 1991.

STEVENSON, W. J. **Estatística aplicada à administração.** São Paulo: Harbra. 2001. 498 p.

USP **Inovação.** Disponível em: <<http://www.inovacao.usp.br/sustentavel.php>>. Acesso em 20 mar. 2011.

YOUNG, C. E. F; LUSTOSA, M. C. J. **Meio ambiente e competitividade na indústria brasileira.** *Revista de Economia Contemporânea*, v. 5, p. 231-259, 2001.