

ESTRUTURA TECNOLÓGICA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BRASIL: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO A PARTIR DE ESTATÍSTICAS DE PATENTES

Paulo Henrique Assis Feitosa¹

Resumo

Este artigo analisa a evolução da estrutura tecnológica brasileira em áreas com potencial de mitigação de mudanças climáticas no período pós-Kyoto. A partir da constituição de uma base de dados original com patentes relacionadas às mudanças climáticas, propomos a interpretação das transformações ocorridas na estrutura da especialização tecnológica do país e da evolução do seu desempenho em comparação a países selecionados. Os resultados da estimação de vantagens tecnológicas relativas mostraram que o país aumentou a sua especialização na maioria das áreas, ainda que com dependência de trajetória e pouca persistência. A aplicação do método de decomposição estrutural revelou que o aumento da sua quota internacional se deveu ao maior dinamismo da sua atividade inventiva. O país abandonou áreas estagnadas e os resultados seriam ainda mais favoráveis se contasse com uma melhor estrutura de especialização no período inicial.

Palavras-chave

Estrutura tecnológica; inovações ambientais; mudanças climáticas; especialização tecnológica.

Abstract

This article analyzes the evolution of the Brazilian technological infrastructure in areas with potential to mitigate climate change in the post-Kyoto period. From the creation of an original database with patents related to climate change, we propose to interpret the changes occurring in the technological specialization of the country and the evolution of its performance compared to selected countries. The results of technological advantages estimation showed that the country has increased its specialization in most areas, even if with dependence in relation to the trajectory and low persistence. The application of the method of structural decomposition revealed that increasing its share of the world's patenting activity was due to the greater dynamism of their inventive activity. The country abandoned stagnant areas, and the results would be even more favorable if had a better structure of specialization in the initial period.

Keywords

Technological structure; environmental innovations; climate change; technological specialization.

Área ANPEC: 9 - Economia Industrial e da Tecnologia
Classificações JEL: O33, O34, Q54, Q55.

¹ Doutorando em Ciência Econômica do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).
Email: paulohenriquefeitosa@gmail.com

1 Introdução

O processo de mudanças climáticas resultante do acúmulo de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera é reconhecido como um dos maiores desafios da sociedade atual e o seu estudo uma das principais orientações no debate sobre a sustentabilidade. Os compromissos assumidos no Protocolo de Kyoto evidenciaram a necessidade de estabilização das emissões globais de GEE e tem gerado consequências como o aumento da demanda por novas tecnologias e melhoria substancial das existentes (Arrow et al., 2009; Mowery et al., 2010).

Enquanto a maioria das tecnologias de mitigação das mudanças climáticas tem sido concebidas e utilizadas por nações desenvolvidas, o aumento das projeções de emissões de GEE oriundas de economias emergentes tem chamado à atenção da literatura sobre como esses países estão sendo envolvidos nesse processo, e como as transformações no âmbito internacional têm afetado os seus perfis de especialização tecnológica.

Neste cenário o Brasil é um importante ator, além do seu papel como potência econômica emergente, ao longo das últimas décadas o passou a ser reconhecido internacionalmente por seu desempenho em áreas com potencial para mitigação das mudanças climáticas. O processo de abertura econômica resultou em reestruturação produtiva, atração de novas empresas e mudanças na sua competitividade industrial, com importantes repercussões sobre a sua estrutura tecnológica. Ainda que importantes estudos tenham sido desenvolvidos, existem lacunas a serem preenchidas, especialmente no que se refere à análise das transformações na estrutura tecnológica brasileira em setores relacionados às mudanças no clima.

O presente artigo tem como objetivo investigar a evolução da estrutura tecnológica brasileira em áreas com potencial de mitigação de mudanças climáticas no período pós-Kyoto. A interpretação destas mudanças é dada pela análise dos perfis de especialização nesses setores e da evolução do seu desempenho tecnológico em comparação a países selecionados. A proposição deste trabalho é relevante por dois aspectos principais. Primeiro pela incipiência deste debate no contexto brasileiro, com relativamente poucas pesquisas e limitação de fontes de dados. Um segundo aspecto se refere à importância crescente destas tecnologias na diminuição dos impactos por meio de processos produtivos mais limpos e de produtos e processos que causem menos danos ao meio ambiente. Esses aspectos garantem à proposta deste estudo destaca importância na compreensão destas transformações no contexto brasileiro e de sua inserção internacional.

O artigo está organizado em cinco seções, além desta introdução. A segunda seção discute os aspectos teóricos e conceituais das inovações ambientais e da especialização tecnológica dos países. A terceira apresenta as fontes de dados e a metodologia aplicada. O perfil de especialização em tecnologias ambientais no Brasil é apresentado na quarta seção. Os resultados da aplicação do método de decomposição estrutural são apresentados na seção 5 e a última seção apresenta as considerações finais.

2 Inovações ambientais e especialização tecnológica

Nas duas últimas décadas, os acordos de emissões de GEE entre países, tendo ponto de partida o Protocolo de Kyoto, têm contribuído para transformação do contexto internacional e produzindo nova dinâmica para as inovações ambientais, que modifica a estrutura de especialização tecnológica de empresas e países. Uma inovação ambiental é conceitualmente entendida (...) *as innovation that occurs in environmental technologies or processes that either control pollutant emissions or alter the production processes to reduce or prevent emissions* (Stern, 2007) no escopo deste artigo, esse conceito de inovação é percebido mais especificamente como aquele com potencial para mitigação das mudanças climáticas². Apresentamos a seguir os elementos teóricos e conceituais, as especificidades destas tecnologias, bem como a identificação de trabalhos que analisam estas relações.

2.1 Dupla externalidade e regimes tecnológicos

A literatura tem enfatizado que se de um lado surgem oportunidades para inovação e o aumento da demanda por tecnologias de mitigação das mudanças climáticas, por outro, empresas têm encontrado baixos incentivos para investir diante do problema da “dupla externalidade”. Como essas tecnologias geram importantes *spillovers* de conhecimento não apenas na fase de difusão, mas também durante realização do invento e nas fases de introdução no mercado, o processo de apropriação se torna mais difícil por parte das empresas (Rennings, 2000).

Ainda que uma inovação ambiental possa ser comercializada com sucesso, a sua decisão de investimento é mais complexa diante de fatores como a maior facilidade com que ela é acessível aos imitadores, o caráter público do conhecimento envolvido, e maior exigência de fontes externas de informação e conhecimento, do que as inovações em geral (Beise; Rennings, 2005, Belin et al., 2011; Stucki and Woerter, 2012).

Nessas condições, como as empresas passam a investir apenas se a expectativa de receitas forem superiores aos custos de externalidades e em muitos casos não ocorre um aumento dos gastos em P&D, surge o questionamento de quais seriam as razões que levariam ao aumento do número de pedidos de patentes. Os estudos de Blind e Thumm (2004) e Blind et al. (2013) ao investigarem os fatores que levam uma empresa a se candidatar a uma patente, revelam que a patente é o instrumento formal mais importante de proteção da propriedade intelectual de uma empresa e as principais motivações se relacionam ao reforço da posição de mercado, à cobertura das quotas de mercado e à proteção contra a imitação.

Essas empresas se defrontam não apenas com a questão de saber se essas inovações são rentáveis, mas também quando devem iniciar esses investimentos. Como a demanda por estas tecnologias é limitada no momento atual e os benefícios dos *spillovers* de conhecimento são desconhecidos, muitas empresas preferem adiar seus investimentos, mesmo diante dos custos de um atraso tecnológico ou do risco de se tornarem não competitivas (Porter e van der Linde, 1995; Stucki; Woerter, 2012).

² Autores também utilizam o conceito de ecoinovação para definir aquelas inovações com potencial para redução dos impactos ambientais negativos resultantes das atividades produtivas (Rennings, 2000; Pujari, 2006; Kemp e Pearson, 2008; Horbach et al, 2012).

Entretanto, o que ficou conhecido como hipótese de Porter³, foi examinado em diversos estudos empíricos, que em geral argumentam que maiores pressões regulatórias e normativas em relação às questões ambientais influenciam a decisão das empresas e aumentam a sua propensão a apostar em inovações ambientais (Jaffe e Palmer, 1997; Kesidou e Demirel, 2009; Berrone et al., 2012, Ghisetti e Quatraro, 2013).

As empresas e os setores se defrontam de diferentes formas com o problema da dupla externalidade e os regimes tecnológicos garantem contornos à força da mudança técnica a partir de elementos como oportunidade, cumulatividade, condições de apropriabilidade e base de conhecimento. As oportunidades tecnológicas diferem setorialmente e, ainda que possam ser mais ricas em alguns segmentos do que em outros, são limitadas pelas janelas abertas nas mudanças dos paradigmas tecnológicos. As condições de apropriabilidade são garantidas pelo caráter público do conhecimento e os mecanismos de apropriação, ainda que estáveis ao longo do tempo, também variam em cada setor (Klevorick et al., 1995; Malerba e Orsenigo, 1996).

Se as oportunidades são abundantes e as condições de apropriabilidade favoráveis, as empresas terão fortes incentivos para investir nestas tecnologias. Por outro lado, se as oportunidades são pequenas e o grau de apropriabilidade baixo, pode ser necessário uma maior ação do governo apoiando pesquisas e os gastos privados em P&D. O grau de cumulatividade dos regimes pode favorecer empresas estabelecidas que já realizam essas inovações ao longo de uma trajetória tecnológica específica. Entretanto, se uma inovação radical for necessária, a existência de um alto grau de cumulatividade é capaz de bloquear o seu surgimento (Faber; Frenken, 2009).

Diversos estudos tem buscado examinar os determinantes das inovações ambientais a partir de diferentes abordagens. O trabalho de Brunnermeier e Cohen (2003) analisa como a atividade inovativa da indústria americana respondeu a pressões regulatórias e mudanças nas despesas para redução da poluição. A partir de estimativas econométricas, Horbach (2008) demonstra que a melhoria das capacidades tecnológicas tem como resultado um aumento das inovações ambientais. Em trabalho posterior Horbac et al., (2012) testa diferentes fatores como regulação, tributação e exigências do consumidor como determinantes da realização deecoinovações.

Ao analisar os padrões de inovação ambiental de empresas industriais italianas, Marin (2013) busca determinar os efeitos de produtividade destas inovações. Já o trabalho de Costantini et al., (2013) avalia o desempenho ambiental de 20 regiões Italianas a fim de demonstrar empiricamente a importância de *spillovers* regionais e políticas ambientais. Em um estudo mais abrangente, Bayer et al. (2013) analisa os determinantes políticos e econômicos de inovações no setor energético em 74 países em todo o mundo, no período 1990-2009.

Existem semelhanças importantes entre os determinantes da inovação ambiental entre países e a abordagem de sistemas setoriais é um importante elemento para sua análise (Oltra e Jean, 2009; Belin, 2011). Ao encontro destas abordagens, buscamos nas seções seguintes uma maior compreensão das relações entre a dinâmica das inovações ambientais e a estrutura tecnológica a partir da avaliação do grau de especialização setorial.

3 Porter sugere que a regulamentação ambiental pode ter um efeito positivo sobre o desempenho de empresas nacionais em relação aos seus concorrentes estrangeiros, estimulando a inovação doméstica (Porter, 1991).

2.2 Especialização tecnológica e mudança estrutural

Em termos conceituais a especialização de um país é dada pela regularidade dos campos técnicos em que atua. Ao longo das últimas décadas uma ampla literatura tem se dedicado a compreender esse processo e como ele é explicado a partir de fatores como os níveis de atividade inovadora, a estrutura de produção e os padrões de exportações. É considerado especializado em um determinado campo técnico o país que o seu desempenho é relativamente superior ao desempenho observado no nível internacional (Archibugi e Pianta, 1992, 1994; Laursen, 2000; Malerba e Montobbio, 2003).

Diversos estudos se dedicam a encontrar evidências empíricas do processo de especialização tecnológica dos países. De forma geral, enquanto países economicamente pequenos tendem a se especializar em campos tecnológicos restritos, as grandes nações distribuem suas atividades em um amplo número de campos tecnológicos (Mancusi, 2001; 2003). Enquanto grande parte da literatura demonstra o aumento da especialização tecnológica nos anos 1970 e 1980, o recente estudo Picci e Savorelli (2013) mostrou a diminuição da especialização nas duas últimas décadas.

Outra parte importante desta literatura tem buscado compreender as relações entre a especialização tecnológica e os padrões de comércio internacional. Estes estudos tratam destas relações nos países do Leste Asiático (Uchida e Cook, 2005), em países da América Latina (Huang e Miozzo, 2003) e em países em desenvolvimento selecionados (Montobbio e Rampa, 2005). Esses estudos também se estendem na compreensão das relações entre especialização e balanço de pagamentos (Meliciani, 2002) e dos impactos sobre o crescimento econômico de longo prazo (Jungmittag, 2004).

A especialização tecnológica dos países é um importante aspecto dos padrões setoriais da sua atividade inovativa e a literatura tem buscado compreender de que forma essas atividades são persistentes ao longo do tempo, por representar uma importante forma de análise da evolução e da dinâmica industrial (Malerba et al., 1997; Cefis e Orsenigo, 2001). As evidências relacionam a especialização tecnológica com a existência de um núcleo estável e persistente de firmas inovadoras fortemente afetado pela direção de *spillovers* setoriais entre países (Malerba e Orsenigo, 1996; Malerba e Montobbio, 2003).

Essa persistência está fortemente relacionada com um processo gradual de acumulação tecnológica e estável ao longo do tempo. O caráter cumulativo condiciona os padrões de especialização no futuro às realizações tecnológicas do passado, ou seja, com forte componente *path dependence*. Em vários setores as firmas inovadoras de hoje também foram as inovadoras no passado, mas a natureza cumulativa e dependente da trajetória de mudança técnica é maior naquelas com características como maiores gastos em P&D, concentração em inovação de produto e grandes em termos de seu tamanho. Entretanto, das firmas que inovam, poucas o fazem persistentemente. A sustentação de uma capacidade de inovação por períodos prolongados é complexa mesmo para as grandes firmas inovadoras, já que seu grau de persistência em atividades inovadoras diminui ao longo do tempo (Cefis, 2003; Antonelli et al., 2012; Archibugi et al., 2013).

A análise da persistência em contraposição à heterogeneidade trouxe a discussão sobre a associação da especialização tecnológica dos países a um processo de "destruição criativa" de um lado e de "acúmulo criativo" do outro⁴. Numa perspectiva extrema, a visão de "destruição criativa" percebe a

⁴ Enquanto o processo de "destruição criativa" é vinculado ao "Schumpeter Mark I", assim conhecido como modelo interpretativo desenvolvido na obra *A Teoria do Desenvolvimento Econômico*, a "acumulação criativa" é relacionada ao "Schumpeter Mark II", tal como a literatura rotula o modelo proposto na obra *Capitalismo, Socialismo e Democracia*.

especialização como um processo irregular e aleatório, impulsionado por firmas homogêneas em busca de oportunidades tecnológicas que são acessíveis a todas. Em contraste, a visão de "acúmulo criativo" ao enfatizar que o conhecimento tem um forte componente tácito e altamente específico, trata a especialização como resultado da acumulação interna de competências tecnológicas por parte de empresas heterogêneas (Malerba et al., 1997, Archibugi et al., 2013)

Aplicadas à discussão deste artigo, as transformações impostas pelas mudanças climáticas também podem ser vistas em ambas as óticas. Na visão do "acúmulo criativo" a especialização ocorre de forma regular ao longo de uma trajetória tecnológica estabelecida e empresas estabelecidas realizam inovações ambientais como rotina para evitar a entrada de novos concorrentes. Na visão da "destruição criativa" a necessidade de desenvolver e aprimorar tecnologias que contribuam para a estabilização das mudanças climáticas promove transformações no perfil tecnológico de indústrias estabelecidas e novas firmas buscam a exploração de oportunidades emergentes. Como resultado, os países são submetidos a grandes transformações nos seus campos de especialização tecnológica.

3 Descrição dos dados e metodologia

Os dados de patentes utilizadas neste trabalho foram extraídos do European Patent Office (EPO) por meio do Banco Mundial de Estatísticas de Patentes (PATSTAT) na sua edição de abril de 2012 e do Instituto Brasileiro de Propriedade Industrial (INPI) a partir da primeira versão da Base de Dados sobre Propriedade Intelectual para fins Estatísticos (BADEP). As patentes são percebidas neste trabalho como um indicador de mudança tecnológica e uma forma importante de identificação de inovações ambientais (Wagner, 2007). Suas estatísticas são fontes de informações adequadas às necessidades deste trabalho diante da sua homogeneidade, abrangência intertemporal e divisão baseada na Classificação Internacional de Patentes (IPC)⁵.

Em cada um destas bases foram selecionadas amostras com todas as patentes com IPC relacionados aos campos técnicos que foram caracterizados pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) como tecnologias para mitigação das mudanças climáticas, com nível de desagregação de três a dez dígitos⁶. Entre os métodos usados na identificação deste grupo de tecnologias, o *IPC Green Inventory* é particularmente relevante por ser a forma com que os principais escritórios de patentes em todo mundo, inclusive o brasileiro, têm caracterizado as denominadas "patentes verdes". Por meio de procedimentos de *fast-tracking* esses depósitos têm sido examinados em ritmo mais rápido do que os pedidos de patente regulares (Dechezleprêtre, 2013).

Nessas amostras as patentes foram organizadas em dois períodos de doze anos, 1987-1998 e 1999-2010, a partir da sua data de depósito. Para os fins deste trabalho, essas amostras não diferenciam o tipo de depositante, de forma que as patentes podem ter sido depositadas por empresas, inventores individuais, universidades ou institutos de pesquisa⁷. Uma síntese dos resultados encontrados é apresentada na tabela 1.

⁵ Para uma perspicaz análise dos dados de patentes como indicador de desempenho de inovação ver Griliches (1990).

⁶ O chamado "IPC Green Inventory" foi desenvolvido por um comitê de especialistas, a fim de facilitar as buscas por informações de patente relacionadas às Tecnologias Ambientalmente Saudáveis (TAS), a partir das determinações da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC).

⁷ Como já destacado em trabalhos como o de Albuquerque (2000) é importante destacar que no Brasil o peso de inventores individuais no total de patentes é significativamente elevado.

Tabela 1: Número de IPCs e patentes por setores relacionados às tecnologias ambientais.

Setores	Número de Classes (IPC)	Número de Patentes (1987-2010)	
		Brasil/INPI	Mundo/EPO
1. Energias Alternativas	309	9.103	82.253
2. Transportes	108	1.031	12.836
3. Conservação de Energia	81	1.333	24.577
4. Gerenciamento de Resíduos	256	5.524	39.261
5. Agricultura	231	8.967	26.651
6. Aspectos Administrativos, Regulatórios e Design	24	64	72
7. Energia Nuclear	5	3	58
Total	1.014	26.025	185.708

Fonte: Patstat/EPO (2012); Badep/INPI (2013); WIPO (2014). Elaborado pelo autor.

Este trabalho possui limitações que precisam ser reconhecidas. De modo geral, os indicadores baseados em patentes são *proxys* imperfeitas de inovação tecnológica. As patentes são apenas uma das formas para proteção das invenções e os seus proprietários podem evitar o patenteamento por motivos de sigilo, impedindo sua divulgação pública, ou ainda para não incorrer nos custos do seu registro. (Cohen, et al., 2000). Por outro lado são poucos os casos de invenções economicamente importantes que não foram patenteados (Dernis, et al., 2001).

Outra limitação relevante deste trabalho é a existência de diferentes propensões a patentear entre os setores, que podem variar de acordo com a sua natureza tecnológica. Em estudos que medem a atividade de patenteamento em diferentes países, essas diferenças também são observadas devido às variações no rigor em que os escritórios aplicam os direitos de propriedade intelectual. Desta forma, uma maior atividade de patenteamento pode refletir tanto maior atividade inventiva quanto uma maior propensão à concessão de patentes (Cohen, et al., 2000). Neste trabalho as metodologias propostas e o uso do EPO como escritório internacional resolvem parte deste problema. Também buscamos controlar os problemas identificados por van Zeebroeck et al., (2006) quanto à sensibilidade da medição da especialização tecnológica com dados de patentes no que se refere à fonte de dados e o nível de agregação setorial.

Sobre o uso destas bases, na quarta seção, ao tratar das transformações no perfil de especialização tecnológica brasileira utilizamos a amostra extraída do INPI comparativamente às patentes mundiais depositadas no EPO⁸. Já na análise da dinâmica internacional e da evolução da sua quota internacional da quinta seção, utilizamos apenas a amostra extraída da base do EPO, diferenciando os depositantes pelo seu país de residência. Para cada uma destas análises são aplicadas diferentes metodologias, detalhadas como segue.

Na análise das transformações dos perfis de especialização tecnológica da seção quatro, o artigo segue uma longa tradição empírica iniciada por Soete (1987) que considera as patentes como uma *proxy* de força tecnológica do país e propõe a aplicação do indicador de vantagem comparativa revelada de Balassa (1965) para estimar um índice de vantagem tecnológica relativa do país c no campo tecnológico j , que pode ser algebricamente apresentado da seguinte forma:

⁸ O escritório europeu foi escolhido para representar as patentes mundiais por ser a base de dados mais internacionalizada e a mais comum alternativa de depósito para inventores fora da União Europeia, desta forma, na medida em que a patente é concedida no escritório do país de origem do inventor, em grande parte dos casos, a EPO representa a primeira alternativa de proteção internacional (Grupp e Schomach, 1999).

$$VTR_{cj} = \frac{p_{cj}}{\sum_c p_{cj}} / \frac{\sum_j p_{cj}}{\sum_j \sum_c p_{cj}}$$

Onde p_{cj} é o total de patentes do país c no campo j ; $\sum_c p_{cj}$ é o somatório de patentes depositadas pelo país c ; $\sum_j p_{cj}$ é a soma de todas as patentes mundiais do campo j ; e $\sum_j \sum_c p_{cj}$ é o total de patentes mundiais. Nessas condições quando encontramos um valor de VTR superior a 1, entendemos que se trata de um campo técnico onde há especialização.

A especialização tecnológica está relacionada às vantagens relativas e não absolutas. Em princípio, um país pode ter vantagens absolutas (e ser mais inovador) em todas as tecnologias, porém, mesmo neste caso, tem vantagens em relação a algumas tecnologias em comparação com as outras. Desta forma, a força tecnológica de um país em uma tecnologia específica pode ser medida pela proporção de patentes daquele país para o total mundial de patentes naquela tecnologia.

Em busca de uma melhor compreensão da dinâmica internacional de patenteamento e dos fatores que condicionam a variação na participação internacional nessas tecnologias, a quinta seção deste artigo apresenta os resultados da aplicação do método de análise de decomposição estrutural, originalmente proposto por Fagerberg e Sollie (1987), também conhecido como *Constant Market Share* (CMS). Esse método é utilizado tanto em estudos empíricos sobre o comércio internacional, quanto em estudos de dinâmica tecnológica (Laursen, 1999; Montobbio e Rampa, 2005; Urraca-Ruiz, 2008; 2013). Sua vantagem é proporcionar o isolamento do efeito da mudança estrutural e a decomposição da variação da quota de patentes entre períodos. Portanto, a taxa de variação da participação de um determinado país sobre o total de patentes mundiais (Δp_j) é decomposta em três efeitos principais, como segue.

$$\Delta p_j = \underbrace{\sum_i (\Delta p_{ij} o_i^{t-1})}_{(i)} + \underbrace{\sum_i (p_{ij}^{t-1} \Delta o_i)}_{(ii)} + \underbrace{\sum_i (\Delta p_{ij} \Delta o_i)}_{(iii)}$$

Onde $p_j = \sum_i P_{ij} / \sum_i \sum_j P_{ij}$ é a participação agregada do país j no total mundial de patentes; $p_{ij} = P_{ij} / \sum_j P_{ij}$ é a participação de um dado campo i em termos de patentes; e $o_i = \sum_i P_{ij} / \sum_i \sum_j P_{ij}$ é a participação do setor i no total de patentes.

O efeito “*Technology share*” (i) nos permite afirmar se a variação é justificada pelo fato do país ter ganhado participação em patenteamento, assumindo que a estrutura é a mesma nos dois períodos em questão. O efeito “*Structural technology*” (ii) relaciona a variação com um “correto” (“ou errado”) padrão de especialização inicial e o efeito “*Technology adaptation*” (iii) avalia o movimento de entrada ou saída em setores com rápido crescimento (ou estagnação) da atividade tecnológica. Para avaliar se o efeito “*Technology adaptation*” é de entrada nos setores “corretos” ou de saída dos setores “errados” é necessária a sua decomposição em dois outros efeitos, que são “*Technology growth adaption*” (iv) que será positivo se houve um movimento para setores de rápido crescimento e “*Technology stagnation adaption*” (v) que será positivo se ocorre uma saída dos setores estagnados, expresso da seguinte forma.

$$\sum_i (\Delta p_{ij} \Delta o_i) = \underbrace{\sum_i (\Delta p_{ij} (\Delta o_i + |\Delta o_i|) / 2)}_{(iv)} + \underbrace{\sum_i (\Delta p_{ij} (\Delta o_i - |\Delta o_i|) / 2)}_{(v)}$$

Portanto, a análise completa da decomposição estrutural pode ser escrita da seguinte forma:

$$\Delta p_j = \sum_i (\Delta p_{ij} o_i^{t-1}) + \sum_i (p_{ij}^{t-1} \Delta o_i) + \sum_i (\Delta p_{ij} (\Delta o_i + |\Delta o_i|)/2) + \sum_i (\Delta p_{ij} (\Delta o_i - |\Delta o_i|)/2)$$

Desta forma, os resultados encontrados por meio dos efeitos “*Structural technology*” e “*Technology adaptation*” nos revelam os movimentos de entrada e saída dos países em setores com diferentes oportunidades tecnológicas. Caso esses dois efeitos apresentem valores altos e positivos, podemos aferir que esse país se moveu para os setores com elevadas oportunidades tecnológicas e abandonou setores estagnados.

Para os objetivos deste trabalho, o crescimento relativo do número de patentes de uma determinada classe no mundo é percebido como uma *proxy* de oportunidade tecnológica. Desta forma, o crescimento de um setor em termos de patentes é capaz de refletir se o crescimento da sua OT é relativamente alto ou baixo. Essa variação também pode ser vista como o acesso de um determinado país para setores com níveis relativamente altos de oportunidade tecnológica (Cantwell e Andersen, 1996; Laursen, 1999). Em um estudo aplicado Nelson e Wolff (1997) mostraram que os níveis de oportunidades tecnológicas também guardam significativa relação com os níveis de P&D.

4 As especializações brasileiras em tecnologias para mitigação das mudanças climáticas

Podemos identificar importantes estudos sobre o Brasil no período recente, com abordagens próximas à proposta neste artigo. O trabalho de Urraca-Ruiz (2008) ao avaliar o impacto da abertura comercial na estrutura tecnológica mostrou que o país foi capaz de ampliar de sete para onze a quantidade de campos em que detém especialização tecnológica, demonstrando certo dinamismo na criação de competências, dada a capacidade de diversificar sua base técnica e aproveitar a abertura de janelas de oportunidade. Contudo, esse dinamismo não foi capaz de viabilizar o ingresso em setores com maiores oportunidades tecnológicas e como resultado manteve-se não especializado em setores-chave como Eletrônica, Eletricidade, Instrumentos ou Máquinas e Ferramentas.

Sobre as tecnologias mais promissoras na mitigação das mudanças climáticas no Brasil, o trabalho de Porto et al., (2012) mostra que a busca pela diminuição do *gap* em relação à fronteira tecnológica resultou no acúmulo de um conjunto pulverizado de competências em tecnologias ambientais e em todos os setores o registro de um percentual elevado de patentes isoladas, ou seja, que provocam poucos desdobramentos e que se supõe ter impacto pontual.

Ao analisar oito campos relacionados às tecnologias ambientais Urraca-Ruiz e Durán-Romero (2013) mostram que 76,5% das patentes com inventores com sede no Brasil são depositadas por agentes não residentes e deste total 69,3% são multinacionais não residentes no Brasil, o que representa um forte indício de que as competências locais nessas tecnologias são capturadas por multinacionais não residentes. Dentro deste contexto, o país ainda observa um baixo nível de esforço em P&D realizados por empresas nacionais e por multinacionais com sede no país.

Sobre as estratégias inovativas das empresas brasileiras, Queiroz e Podcameni (2014) encontram significativas relações entre a introdução de inovações ambientais e o tamanho e a origem estrangeira do capital destas empresas, o que evidencia a importância da inserção internacional. Seus resultados finais afirmam que os esforços inovativos não convergem para as questões ambientais por serem focados em elementos que têm pouca ou nenhuma relação com inovações ambientais.

Entretanto, ainda são ausentes os estudos que avaliam mais detalhadamente as alterações nos perfis de especialização em tecnologias para mitigação das mudanças climáticas no Brasil. Sobre esse objetivo, apresentamos na tabela 2 as estimativas das vantagens tecnológicas por área e setor, bem como o seu grau e nível de oportunidade tecnológica (OT).

Tabela 2: Estimativas de VTR e OT por setores e áreas entre 1987-1998 e 1999-2010.

Cod	Setores/Áreas	VTR			Δ Grau OT	Nível OT (%)
		1987-1998	1999-2010	Δ VTR (%)		
1.0	Energias Alternativas	0,67	0,68	2,21	-0,09	3,21
1.1	Biocombustíveis	0,60	0,85	40,69	-0,42	1,44
1.2	Ciclo combinado de gaseificação integrada (IGCC)	1,06	0,91	-13,65	-0,37	0,02
1.3	Células-combustível	0,38	0,38	-0,55	1,74	0,51
1.4	Pirólise ou gaseificação de biomassa	0,67	1,07	59,46	-0,69	0,01
1.5	Aprov. de energia a partir de resíduos de atividades humanas	0,98	0,96	-1,21	-0,35	0,39
1.6	Energia hidráulica	3,04	1,64	-46,05	1,47	0,03
1.7	Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC)	1,38	0,81	-41,42	-0,04	0,00
1.8	Energia eólica	1,82	0,84	-53,73	1,89	0,06
1.9	Energia solar	0,56	0,49	-12,00	0,71	0,58
1.10	Energia geotérmica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.11	Outros tipos de produção ou utilização de calor	0,51	0,59	16,17	0,16	0,02
1.12	Utilização de calor residual	0,71	0,53	-25,31	-0,04	0,14
1.13	Disp. para prod. energ. mecânica a partir de energ. muscular	16,60	3,24	-80,47	5,70	0,00
2.0	Transportes	0,71	0,42	-41,73	0,45	0,50
2.1	Veículos em geral	0,69	0,41	-40,36	0,48	0,46
2.2	Veículos exceto veículos ferroviários	1,19	0,50	-57,76	0,27	0,03
2.3	Veículos ferroviários	0,00	0,25	0,00	-0,04	0,00
2.4	Propulsão de embarcação marítima	4,15	2,47	-40,49	0,26	0,00
2.5	Veículos que utilizam a energia solar	0,24	0,15	-39,44	-0,38	0,01
3.0	Conservação de energia	0,48	0,29	-39,34	0,66	0,96
3.1	Armazenagem de energia elétrica	0,52	0,36	-30,95	0,58	0,23
3.2	Circuitos de alimentação de energia elétrica	1,61	0,38	-76,50	0,66	0,01
3.3	Medição do consumo de eletricidade	0,57	0,47	-16,67	0,74	0,02
3.4	Armazenamento de energia térmica	0,86	0,66	-22,75	0,12	0,04
3.5	Iluminação de baixo consumo energético	0,10	0,13	33,21	1,56	0,45
3.6	Isolamento térmico de edificações	0,71	0,50	-28,85	-0,12	0,19
3.7	Recuperação de energia mecânica	1,16	1,74	49,52	0,69	0,01
4.0	Gerenciamento de resíduos	0,87	0,85	-3,09	-0,21	1,53
4.1	Eliminação de resíduos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4.2	Tratamento de resíduos	0,70	0,85	20,87	-0,66	0,08
4.3	Destruição de resíduos por combustão	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4.4	Reutilização de materiais usados	1,12	1,63	46,48	-0,48	0,19
4.5	Controle de poluição	0,84	0,75	-10,82	-0,11	1,26
5.0	Agricultura	1,91	2,14	11,67	-0,32	1,04
5.1	Técnicas de reflorestamento	2,28	2,02	-11,47	0,27	0,00
5.2	Técnicas alternativas de irrigação	4,64	1,85	-60,09	-0,03	0,00
5.3	Pesticidas alternativos	1,90	2,14	12,85	-0,32	1,03
5.4	Melhoria do solo	2,72	1,78	-34,62	-0,80	0,01
6.0	Aspectos Administrativos, Regulatórios ou Design	9,75	3,43	-64,79	0,16	0,00
6.1	Deslocamentos, ex. faixa exclusiva, trabalho remoto, etc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.2	Carbono/comércio de emissões, ex. créditos de poluição	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.3	Design de estática nas estruturas	0,00	3,43	0,00	0,16	0,00
7.0	Energia Nuclear	0,55	0,27	-51,18	1,30	0,00
7.1	Engenharia nuclear	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7.2	Usinas de turbina a gás com fonte de calor de origem nuclear	0,00	0,27	0,00	1,30	0,00

Fonte: Patstat/EPO (2012) e Badep/INPI (2013). Elaborado pelo autor.

Entendemos como nível de OT a participação de determinado campo técnico no total de patentes mundiais em ambos os períodos. Já o grau da OT se refere à variação, entre os períodos analisados, da participação no total de patentes mundiais, de forma que são positivos os campos que ganharam participação no total e negativos os campos que perderam. Enquanto o nível OT é capaz de indicar os campos que possuem maior apropriabilidade, o grau da OT revela os campos em que existiu uma maior possibilidade de capturar oportunidades entre os períodos.

Os setores que apresentaram o maior nível de OT em todo o período são as Energias Alternativas e o Gerenciamento de Resíduos, já as áreas de Biocombustíveis e Controle da Poluição são as que registraram o maior nível de OT. Entretanto, um nível elevado de OT não significa uma variação positiva no seu grau de OT, como é o caso dos setores Energias Alternativas, Gerenciamento de Resíduos e Agricultura. Das 39 áreas analisadas, 18 registraram aumento do grau de OT, 6 se mantiveram estáveis e 15 perderam participação e se mostraram com baixo grau de OT. Das áreas com grau de OT positivo as maiores variações foram observadas em Dispositivos para Produção de Energia Mecânica a partir de Energia Muscular, Energia Eólica, Células-Combustível e Iluminação de Baixa Energia.

Sobre as transformações nos perfis de especialização dos setores entre os períodos analisados, observamos que o Brasil foi capaz de manter a especialização em Aspectos Administrativos, Regulatórios ou Design e Agricultura. Entretanto, quando analisamos as áreas percebemos que era especializado em 14, perdeu especialização em 5 áreas e ingressou em outras 2.

Para analisar a dinâmica de ingresso e abandono de áreas de especialização entre os períodos, podemos considerar que A_i como o número de áreas em que o Brasil era especializado no período inicial, A_f o número de áreas no qual era especializado no período final, e A_{if} as áreas que a especialização ocorreu em ambos os períodos, para estimar um índice de persistência definido como $IP = A_{if}/A_t$, e um índice de mobilidade estimado por $IM = 1 - IP$, assumindo que $A_t = A_{if} + A_i + A_f$. Ambos os índices variam entre 0 e 1 e caso o IP seja igual a 0 e o IM igual a 1 significa que o país perdeu todas as especializações que havia criado no início do período. Do contrário, se registrou um IP igual a 1 e um IM igual a 0 significa que ele manteve a mesma estrutura de especialização que verificou no início do período.

Deste modo, entre os períodos analisados, o Brasil registrou um índice de persistência de 0,5625 e conseqüentemente um índice de mobilidade de 0,4375 e foi capaz de sustentar máxima persistência apenas nos setores Gerenciamento de Resíduo e Agricultura. Contribuíram para uma elevada mobilidade os setores Energia Alternativa, Transporte, Conservação de Energia e Aspectos Administrativos, Regulatórios e Design.

Para uma maior compreensão dos níveis de persistência, testamos em que medida a especialização tecnológica alcançada se relaciona com o crescimento da sua quota de participação. Para tanto, calculamos os coeficientes de correlação da VTR dos períodos inicial e final com a taxa de variação da participação do total de patentes por cada área (Δp_{ij}). Essa correlação revela a proximidade da vantagem tecnológica com a variação na sua participação no total de patentes. Enquanto uma correlação positiva entre aumento na participação e vantagem final significa que a trajetória da atividade inovadora determina a especialização, a correlação positiva entre o aumento da participação e a vantagem inicial indica um determinismo na direção da mudança tecnológica, ou seja, a existência de persistência (Urraca-Ruiz, 2008).

Tabela 3: Coeficientes de correlação entre VTR inicial e final e Δp_{ij} entre períodos.

Setores	Coeficientes de Correlação	
	$VTR_{1987-1998} - \Delta p_{ij}$	$VTR_{1999-2010} - \Delta p_{ij}$
1. Energias Alternativas	0,0895	-0,0492
2. Transportes	-0,0005	0,1077
3. Conservação de Energia	-0,5308	0,1916
4. Gerenciamento de Resíduos	-0,6185	-0,5752
5. Agricultura	-0,4903	0,8006
6. Aspectos Administrativos, Regulatórios e Design	0,0000	0,5000
7. Energia Nuclear	0,0000	0,0000

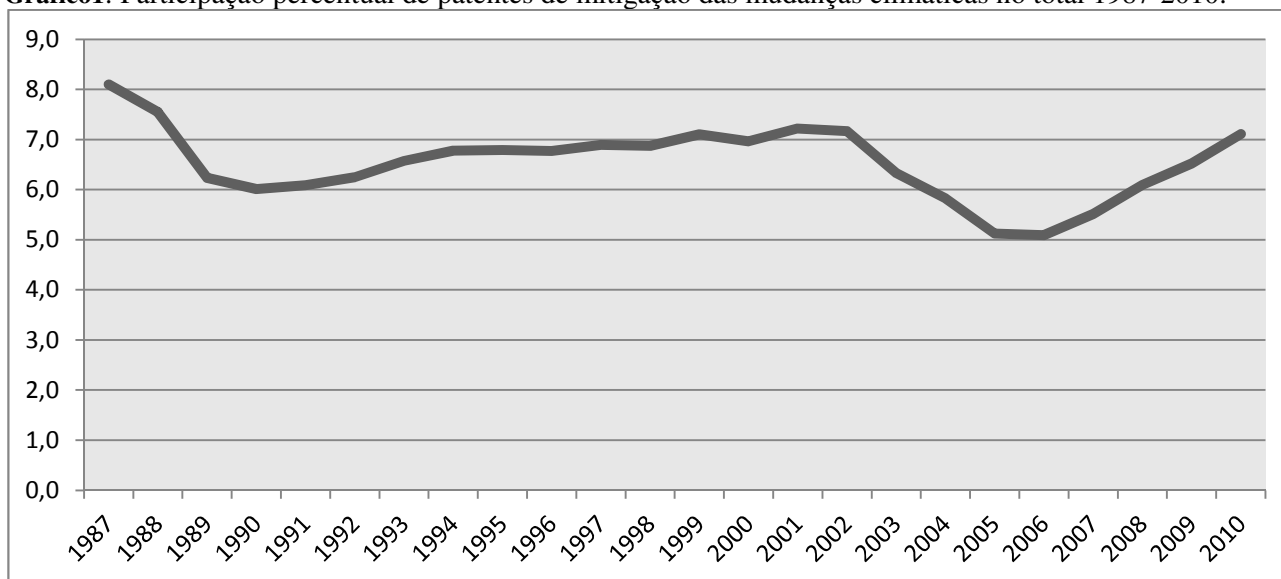
Fonte: Patstat/EPO (2012) e Badep/INPI (2013). Elaborado pelo autor.

A partir dos resultados apresentados na tabela 3, temos que em quatro dos sete setores a vantagem final se relaciona positivamente com o crescimento da sua participação (Δp_{ij}), sendo que esse coeficiente é particularmente elevado no setor Agricultura. Nesses setores, o crescimento da sua participação determinou as vantagens alcançadas no período final. Por outro lado, o setor Energias Alternativas foi o único em que o crescimento desta participação esteve positivamente relacionado com a sua vantagem no período inicial, o que nos permite concluir que nesse setor a cumulatividade é um importante fator explicativo. Na próxima seção buscamos uma maior compreensão da dinâmica de depósitos internacionais realizados por residentes a partir das análises de decomposição estrutural.

5 A dinâmica internacional e o desempenho brasileiro

A partir desta seção, analisamos a posição brasileira frente às transformações ocorridas na dinâmica internacional de patenteamento em tecnologias para mitigação das mudanças climáticas. De modo agregado, o número absoluto de patentes mundiais com campos técnicos relacionados à mitigação das mudanças climáticas cresceu 95,6% entre os períodos analisados, entretanto a sua participação no total de depósitos se manteve relativamente estável ao longo dos anos, como é apresentado no gráfico 1.

Gráfico1: Participação percentual de patentes de mitigação das mudanças climáticas no total 1987-2010.



Fonte: Patstat/EPO (2012). Elaborado pelo autor.

O depósito de patentes neste grupo de tecnologias no âmbito internacional tem forte concentração e é realizado majoritariamente por Estado Unidos, Alemanha e Japão, que representaram 69,6% do total mundial. Resultado equivalente foi encontrado por Dechezleprêtre et al., (2011) que ao examinar patentes depositadas em 13 campos tecnológicos relacionados às mudanças climáticas mostrou que as mesmas nações representam dois terços de todo o esforço mundial.

Para além destes resultados, importantes mudanças foram observadas no período recente, a julgar pelo fato de todos os cinco maiores patenteadores, com exceção do Japão, terem diminuído sua participação no total de patentes mundiais. Essa dinâmica pode ser melhor compreendida a partir do aumento da quota de diversos países, a destacar países como Coreia do Sul, Taiwan, Rússia, China e Brasil.

Para interpretar os fatores responsáveis pela variação na participação na atividade inventiva, aplicamos o método empírico decomposição estrutural que sistematiza esses resultados em termos de quatro efeitos principais. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Decomposição estrutural por setores e áreas entre 1987-1998 e 1999-2010.

Cod	Países	p_{ij} (%)		Efeitos				
		1987-1998	1999-2010	Tech change	Tech share	Structural tech	Adaption	
							Tech growth	Tech stagnation
US	Estados Unidos	30,55	22,87	-25,16	0,41	-1,56	-16,16	-7,85
DE	Alemanha	25,39	25,32	-0,27	-0,01	0,01	-0,25	-0,03
JP	Japão	14,14	21,17	49,68	-1,53	4,30	11,19	35,72
FR	França	5,63	4,66	-17,24	0,25	-0,11	-5,40	-11,98
GB	Reino Unido	5,02	3,25	-35,25	-11,43	6,33	0,65	-30,80
KR	Coreia do Sul	0,28	2,27	711,81	39,95	14,96	499,79	157,11
TW	Taiwan	0,14	0,49	261,49	286,08	343,88	-56,01	-312,46
RU	Rússia	0,09	0,13	49,14	199,88	19,40	-38,47	-131,67
CN	China	0,06	0,46	692,54	21,16	11,39	598,37	61,61
BR	Brasil	0,05	0,09	88,89	91,43	-8,52	-10,29	16,27

Fonte: Patstat/EPO (2012). Elaborado pelo autor.

Segundo essa análise, a perda de participações das principais nações no total de patentes é explicada pelo efeito *Technology adaptation*, que para Alemanha e Estados Unidos significou a entrada em áreas com baixo crescimento e para França e Reino Unido a saída de áreas com alto crescimento. O aumento da participação observada no Japão também é justificado pelo efeito *adaptation*, mas seguindo uma tendência contrária, já que o país abandonou áreas com baixo crescimento e ingressou em setores com maior crescimento.

Para as demais nações, podemos observar um comportamento *fast followers* que resultou em um rápido crescimento da sua quota no total de patentes depositadas entre os períodos. Em países como China e Coreia do Sul o crescimento da sua participação é explicado principalmente pelo ingresso em áreas com alto crescimento e em menor parte pelo abandono das que registram baixo crescimento.

Para Rússia e Taiwan, o efeito *Technology share*, assumindo que o peso das áreas é constante no período inicial, é um importante fator explicativo do aumento das suas quotas de participação. Em Taiwan destaca-se o forte efeito *Structural technology* que explica os ganhos na participação em patenteamento pelo correto padrão de especialização no período inicial.

No Brasil, um maior desempenho dos seus residentes resultou no aumento absoluto da quantidade de patentes e no aumento de 88,89% da sua quota entre os períodos. Esse aumento pode ser explicado principalmente pelo maior dinamismo da sua atividade patenteadora, verificado pelo efeito *Technology share*. Para composição desse efeito foram fundamentais os resultados alcançados nos setores Energias Alternativas e Agricultura.

Entretanto, o país deixou de crescer ainda mais a sua participação por não registrar um correto padrão de especialização no período inicial, dado seu efeito *Structural technology* ter sido negativo. Contribuiu para esse desempenho a forte participação do setor Gerenciamento de Resíduo que perdeu participação global entre os períodos analisados.

Outra explicação para esse resultado é dado pelo efeito *Technology adaptation* que foi positivo e significa que o abandono de áreas com baixo crescimento no setor Gerenciamento de Resíduos foi suficiente para compensar o ingresso em áreas estagnadas nos setores Transporte e Conservação de Energia.

6 Considerações Finais

Este artigo teve como objetivo investigar as transformações na estrutura tecnológica brasileira em áreas com potencial para mitigação das mudanças climáticas entre os períodos 1987-1998 e 1999-2010. A partir de um conjunto de dados originais com patentes em 39 áreas relacionadas a essas tecnologias, avaliamos a evolução da sua especialização tecnológica a partir do método de estimação de vantagens tecnológicas relativas e analisamos seu desempenho em comparação a países selecionados com a aplicação do método de decomposição estrutural.

As tecnologias de mitigação das mudanças climáticas constituem um amplo conjunto de áreas que, divididas em setores, passaram por importantes transformações nos anos subsequentes ao Protocolo de Kyoto. O surgimento de oportunidades emergentes e a maior demanda por essas tecnologias tiveram como resultando o aumento da participação setorial no total de patentes da maior parte das áreas estudadas, que também é consequência da busca por maiores níveis de apropriabilidade.

No caso do Brasil, o aumento na participação no total de depósitos de patentes vai ao encontro da tendência internacional observada, já que o país registrou um crescimento da sua especialização na maioria dos setores, o que pode indicar um maior esforço inventivo dos seus residentes ou ainda o interesse de não residentes em proteger suas invenções localmente, considerando que o país se torna um mercado relevante para diversas tecnologias. Também foi constatado que o país apresenta baixos índices de persistência inovativa na maioria dos setores com significativa dependência de trajetória e apenas no setor Energias Alternativas existem indícios de cumulatividade.

Caso considerarmos os depósitos realizados por residentes no EPO, veremos que o Brasil cresceu em 88,89% a sua quota de participação. A aplicação do método de decomposição estrutural revelou que esse aumento se deveu principalmente ao maior dinamismo da sua atividade patenteadora, verificado pelo efeito *Technology share*. Por outro lado, um efeito *Structural technology* negativo nos mostrou que o país teve seu crescimento limitado por não dispor de um correto padrão de especialização no período inicial. Da mesma forma a explicação dada pelo efeito positivo do *Technology adaptation* nos mostrou que o movimento de ingresso em áreas com baixo crescimento foi mais do que compensado pela saída de áreas igualmente estagnadas.

Sem a tentativa de exaurir o tema, os resultados encontrados nos remetem a novas questões como o efeito da distinção da residência do inventor na estimação das vantagens tecnológicas relativas e as

razões que levam a um baixo grau de persistência e alta dependência de trajetória nesses setores. Como apresentado pela literatura, as explicações para a persistência podem ser encontradas nos níveis de gastos em P&D, na concentração em inovação de produto, no tamanho das firmas ou ainda pela própria hipótese da dupla externalidade destas tecnologias, e essas questões representam indicações para trabalhos futuros e os desdobramentos para uma próxima etapa desta pesquisa.

7 Bibliografia

Albuquerque, E. M. 2000. Domestic patents and developing countries: arguments for their study and data from Brazil (1980-1995). *Research Policy*, vol. 29, n. 9, p. 1.047–1.060.

Antonelli, C.; Crespi, F.; Scellato, G. 2012. Inside innovation persistence: New evidence from Italian micro-data. *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 23, pp. 341–353.

Archibugi, D., Pianta, M. 1992. Specialisation and size of technological activities in industrial countries: the analysis of patent data. *Research Policy*, vol. 21, pp. 79–93.

_____. 1994. Aggregate convergence and sectoral specialization in innovation. *Journal of Evolutionary Economics* . Vol. 4, Issue 1, pp. 17–33.

Archibugi, D.; Filippetti, A.; Frenz, M. 2013. Economic crisis and innovation: Is destruction prevailing over accumulation? *Research Policy*, vol. 42, pp. 303–314.

Arrow K.; Cohen L.; David P.; Hahn.; Robert W.; Kolstad C.; Lane L.; Montgomery D.; Nelson R. R.; Noll, R.; Smith A. E. 2009. A Statement on the Appropriate Role for Research and Development in Climate Policy, *The Economist's Voice*, De Gruyter, vol. 6(1), pp. 1–4.

Balassa, B. 1965. Trade liberalisation and revealed comparative advantage. *The Manchester School of Economic and Social Studies*, n. 33.

Bayer, P.; Dolan, L.; Urpelainen, J. 2013. Global patterns of renewable energy innovation, 1990–2009. *Energy for Sustainable Development*, vol. 17, pp. 288–295.

Beise, M.; Rennings, K. 2005. Lead markets and regulation: a framework for analyzing the international diffusion of environmental innovations. *Ecological Economics*. vol. 52, pp. 5–17.

Belin J.; Horbach J.; Oltra, V. 2011. Determinants and Specificities of Eco-innovations – An Econometric Analysis for the French and German Industry based on the Community Innovation Survey”, *Cahiers du GREThA*, n. 2011–17.

Berrone, P.; Fosfuri, A.; Gelabert, L.; Gomez-Mejia, L. 2013. Necessity as the mother of ‘green’ inventions: Institutional pressures and environmental innovations. *Strategic Management Journal*. vol. 34, pp. 891–909.

Blind, K.; Petersen, S.; Rauber, J. 2013. Is Strategic Patenting still in vogue? A Reassessment of Motives to Patent a Decade after the Patent Peak. *DRUID Academy*, Aalborg.

Blind, K.; Thumm, N. 2004. Interrelation between patenting and standardisation strategies: empirical evidence and policy implications. *Research Policy*, vol. 33(10), pp. 1583–1598

Brunnermeier, S.B.; Cohen, M.A. 2003. Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries. *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 45. pp. 278–293.

Cantwell, J., Andersen, B., 1996. A statistical analysis of corporate technological leadership historically. *Economics of Innovation and New Technology*. vol. 4, pp. 211–234.

Cefis, E.; Orsenigo, L. 2001. The persistence of innovative activities A cross-countries and cross-

- sectors comparative analysis. *Research Policy*. vol. 30, pp. 1139–1158.
- Cefis, H. 2003. Is there persistence in innovative activities? *International Journal of Industrial Organization*. vol. 21, pp. 489–515.
- Cohen, W.M.; Nelson, R.R.; Walsh, J.P. 2000. Protecting their intellectual assets: Appropriability conditions and why U.S. manufacturing firms patent (or not). NBER Working Paper No. 7552.
- Costantini, V.; Mazzanti M.; Montini, A. 2013. Environmental performance, innovation and spillovers. Evidence from a regional NAMEA. *Ecological Economics*. Vol. 89, pp. 101–114
- Dechezleprêtre, A., 2013. Fast-tracking “green” patent applications: an empirical analysis. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment. Working Papers, 107.
- Dechezleprêtre, A.; Glachant, M.; Hascic, I.; Johnstone, N.; Ménière, Y., 2011. Invention and Transfer of Climate Change Mitigation Technologies: A Global Analysis. *Review of Environmental Economics and Policy*. vol. 5(1), pp. 109 – 130
- Dernis, H.; Guellec, D.; van Pottelsberghe de la Potterie, B. 2001. Using patent counts for cross-country comparisons of technology output. *The STI Review*. vol. 27, pp. 129–46.
- Faber, A.; Frenken, K. 2009. Models in evolutionary economics and environmental policy: Towards an evolutionary environmental economics. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 76(4), pp. 462-470.
- Fagerberg, J.; Sollie, G. 1987. The method of constant-market-shares analysis reconsidered. *Applied Economics*. vol. 19, pp. 1571–1585.
- Ghisetti, C.; Quatraro F. 2013. Beyond inducement in climate change: Does environmental performance spur environmental technologies? A regional analysis of cross-sectoral differences. *Ecological Economics*. vol. 96, pp. 99–113.
- Griliches, Z. 1990. Patent statistics as economic indicators: A survey, *Journal of Economic Literature*. vol. 28(4) , pp. 1661–1707.
- Grupp, H.; Schomach, U. 1999. Patent statistics in the age of globalization: new legal procedures, new analytical methods, new economic interpretation. *Research Policy*, v. 28, pp. 377-396.
- Horbach, J. 2008. Determinants of environmental innovation – New evidence from German Panel Data Source. *Research Policy*, v. 37, n. 1, pp.163-173.
- Horbach, J.; Rammer, C.; Rennings, K. 2012. Determinants of eco-innovations by type of environmental impact — The role of regulatory push/pull, technology push and market pull. *Ecological Economics*, vol. 78, pp. 112–122.
- Huang, H.; Miozzo, M. 2003. Patterns of technological specialisation in Latin American and East Asian countries: an analysis of patents and trade flows. *Economics of Innovation and New Technology*. Vol. 13(7), pp. 615–653.
- Jaffe, A.; Palmer, K. 1997. Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 79, No. 4. pp. 610-619
- Jungmittag, A. 2004. Innovations, technological specialisation and economic growth in the EU. *International Economics and Economic Policy*. vol. 1, pp. 247–273.
- Kemp, R.; Pearson, P. 2008. Final report MEI project about measuring eco-innovation. Maastricht. www.merit.unu.edu/MEI2008.
- Kesidou, E.; Demirel, P. 2012. On the drivers of eco-innovations: Empirical evidence from the UK. *Research Policy*. vol. 41, pp. 862– 870.

- Klevorick, A.K.; Levin, R.C.; Nelson, R.R.; Winter, S.G. 1995. On the sources and significance of inter-industry differences in technological opportunities. *Research Policy*, vol.24, pp.185-205.
- Laursen, K. 1999. The impact of technological opportunity on the dynamics of trade performance. *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 10, pp. 341-357.
- Malerba, F.; Orsenigo, L. 1996. Schumpeterian patterns of innovation are technology-specific. *Research Policy*. vol. 25, pp. 451-478
- Malerba, F.; Orsenigo, L.; Peretto, P. 1997. Persistence of innovative activities, sectoral patterns of innovation and international technological specialization. *International Journal of Industrial Organization*, vol. 15, pp. 801-826.
- Malerba, F; Montobbio, F. 2003. Exploring factors affecting international technological specialization. *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 13, pp. 411-434.
- Mancusi, M.L. 2001. International technological specialization in industrial countries: patterns and dynamics. *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 137, n. 4, pp. 593-621.
- _____. 2003. Geographical concentration and the dynamics of countries' specialization in technologies. *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 12(3), pp. 269–291.
- Marin, G. 2014. Do eco-innovations harm productivity growth through crowding out? Results of an extended CDM model for Italy. *Research Policy*. vol. 43, pp. 301– 317
- Meliciani, V. 2002. The impact of technological specialisation on national performance in a balance-of-payments-constrained growth model. *Structural Change and Economic Dynamics*. vol. 13, pp. 101–118
- Montobbio, F.; Rampa, F. 2005. The Impact of Technology and Structural Change on Export Performance in Nine Developing Countries. *World Development*. vol. 33, No. 4, pp. 527–547
- Mowery, D.C.; Nelson, R.R.; Martin, B.R. 2010. Technology policy and global warming: Why new policy models are needed (or why putting new wine in old bottles won't work). *Research Policy*.vol. 39(8), pp. 1011-1023.
- Nelson, R.R., Wolff, E.N., 1997. Factors behind cross-industry differences in technical progress. *Structural Change and Economic Dynamics*. vol. 8, pp. 205–220.
- OECD. 2009. *OECD Patent Statistics Manual*. ISBN 978-92-64-05412-7, OECD, Paris.
- Oltra, V.; Jean, M.S. 2009. Sectoral systems of environmental innovation: An application to the French automotive industry. *Technological Forecasting & Social Change*. vol. 76, pp. 567–583.
- Picci, L.; Savorelli, L. 2013. *The Technological Specialization of Countries: An Analysis of Patent Data*. School of Economics and Finance Discussion Paper, n°. 1301.
- Porter, M. E. 1991. America's Green Strategy. *Scientific American*, 168.
- Porter, M. E.; van der Linde, C. 1995. Green and Competitive: Breaking the Stalemate. *Harvard Business Review*. vol. 73(5), pp. 120-133.
- Porto, G.; Kannebley, S.; Baroni, J.; Romano, A. 2012. *Rotas Tecnológicas e Sistemas de Inovação (Relatório Final)*. Economia de Baixo Carbono: Avaliação de Impactos de Restrições e Perspectivas Tecnológicas. Ribeirão Preto-SP.
- Pujari, D. 2006. Eco-innovation and new product development: understanding the influences on market performance. *Technovation*. vol. 26, pp. 76–85.
- Queiroz, J. M.; Podcameni, M.V.B. 2014. Estratégia inovativa das firmas brasileiras: convergência ou divergência com as questões ambientais? *Revista Brasileira de Inovação, Campinas (SP)*. vol. 13

(1), pp. 187-224.

Rennings, K. 2000. Redefining innovation: eco-innovation research and the contribution from ecological economics. *Ecological Economics*, vol. 32, pp. 319-332.

Schumpeter, J. A. 1988. *Teoria do Desenvolvimento Econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico*. 3a. ed., São Paulo: Nova Cultural.

_____. 1984. *Capitalismo, Socialismo e Democracia*. Rio de Janeiro: Zahar, 1984.

Soete, L. 1987. The impact of technological innovation on international trade patterns: the evidence reconsidered. *Research Policy*, vol. 16(2-4), pp. 101-130.

Stern, N. 2007. *The economics of climate change: the stern review*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

Stucki, T.; Woerter, M., 2012. Determinants of Green Innovation: The Impact of Internal and External Knowledge. KOF Working papers 12-314, KOF Swiss Economic Institute, ETH Zurich.

Uchida, Y.; Cook, P. 2005. The Transformation of Competitive Advantage in East Asia: An Analysis of Technological and Trade Specialization. *World Development*. vol. 33, n. 5, pp. 701-728.

Urraca-Ruiz, A. 2008. Persistência versus mudança estrutural da especialização tecnológica do Brasil. *Economia e Sociedade*, Campinas, v.17, n.3 (34), pp. 403-427.

_____. 2013. The 'technological' dimension of structural change undermarket integration. *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 27, pp. 1- 18.

Urraca-Ruiz, A.; Durán-Romero, G., 2013. World Competences Capture by Multinationals in Environmental Technologies. *Transnational Corporations Review*. Ottawa United Learning Academy. vol. 5(4), pp. 37-53.

Van Zeebroeck, V.; Potterie, B. V. P.; Han, W. 2006. Issues in measuring the degree of technological specialisation with patent data. *Scientometrics*, Vol. 66, n. 3, pp. 481-492.

Wagner, M. 2007. On the relationship between environmental management, environmental innovation and patenting: Evidence from German manufacturing firms. *Research Policy*. vol. 36, pp. 1587-1602.