

DETERMINANTES DA ECOINOVAÇÃO NA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO BRASILEIRA: UMA ANÁLISE EMPÍRICA

GABRIEL TEIXEIRA ERVILHA *
WILSON DA CRUZ VIEIRA †
ELAINE APARECIDA FERNANDES ‡

Resumo

O objetivo deste trabalho é analisar, por meio do método econométrico logit ordenado multinível e da Pesquisa de Inovação (PINTEC 2014), os determinantes da ecoinovação na indústria de transformação brasileira. Os resultados indicaram a importância das heterogeneidades setoriais na probabilidade das empresas ecoinovarem, além dos fatores individuais das firmas. Nesse sentido, sugere-se que o fortalecimento de ações de P&D, os investimentos públicos, a maior interação entre instituições de pesquisa e ensino com as empresas e instrumentos regulatórios específicos podem contribuir para se ter uma indústria de transformação mais aberta a práticas eficientes de gestão ambiental.

Palavras-chave: indústria de transformação, heterogeneidade setorial, PINTEC, logit ordenado multinível.

Abstract

The objective of this paper is to analyze the determinants of eco-innovation in Brazilian transformation industry using the multilevel ordered logit method and the Innovation Research (PINTEC 2014). The results indicated the importance of sectoral heterogeneities in the probability of eco-innovation, besides the individual firm's factors. In this sense, the strengthening of R&D actions, public investments, the greater interaction between research and teaching institutions with companies and specific regulatory instruments can contribute to having a manufacturing industry more open to efficient environmental management practices.

Keywords: manufacturing industry, sectoral heterogeneities, PINTEC, multilevel ordered logit.

JEL classification: C01, Q55.

DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/1980-5330/ea161617>

* Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Brasil. E-mail: gabriel.ervilha@ufv.br

† Professor do Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Brasil. E-mail: wvieira@ufv.br

‡ Professora do Departamento de Economia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Brasil. E-mail: eafernandes@ufv.br

1 Introdução

Durante muitos anos, o setor industrial, um dos principais responsáveis pelas emissões dos diversos poluentes nocivos ao meio ambiente (Marcovitch 2006), não se atentou para os custos ambientais de seus processos produtivos, nem aos seus desperdícios. Acreditava-se que produzir de maneira ecologicamente correta seria mais oneroso e prejudicaria o desempenho econômico-financeiro das empresas. Entretanto, a adoção de tecnologias possibilitou uma maior eficiência no uso dos recursos naturais e a substituição de insumos no processo produtivo (Porter & Linde 1995).

Nesse sentido, as empresas são desafiadas a promover o desenvolvimento sustentável, através das inter-relações econômicas, sociais e ambientais, enfrentando importantes fatores, como concorrência, escassez de recursos, externalidades ambientais, entre outros. A inovação tornou-se, portanto, uma solução na busca de maior produtividade, competitividade e, conseqüentemente, lucratividade. Mas, além desses ganhos econômicos, havia a possibilidade de ganhos ambientais.¹

A relação entre inovação e sustentabilidade fez com que se derivassem novos conceitos, como as terminologias inovação ambiental, inovação verde e inovação sustentável (Hojnik & Ruzzier 2016), que podem ser sintetizados no termo ecoinovação.

A ecoinovação pode ser definida, basicamente, como toda inovação que se traduza em avanço importante no sentido do desenvolvimento sustentável, reduzindo o efeito do processo produtivo no ambiente; ou seja, todo tipo de ação inovativa que possa contribuir com o meio ambiente. Kemp & Pearson (2008) definem ecoinovação como a produção, exploração de um produto, processo, serviço, método de gestão ou negócio que é novo para a organização e que resulta, ao longo do seu ciclo de vida, em redução de impactos negativos ao meio ambiente em comparação com alternativas relevantes.

Especificamente para o Brasil, os resultados da Pesquisa de Inovação (PIN-TEC), em suas três últimas edições (2008, 2011 e 2014) identificaram que houve crescimento no número de empresas brasileiras que adotaram novas técnicas de gestão ambiental e inovaram com conseqüente redução nos impactos ambientais. Contudo, o crescimento dessas ecoinovações vem perdendo força ao longo dos anos, diante da considerável redução dos investimentos em tecnologias ambientais (IBGE 2010, 2013, 2016).

Diante dessas informações, se faz necessário compreender os fatores que determinam o comportamento das empresas e dos setores industriais em relação às questões ambientais, de forma a garantir um aparato informacional importante nas estratégias micro e macro do desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, questiona-se se as especificidades setoriais e características das firmas influenciam na intensidade da adoção de ecoinovações pela indústria brasileira.

Os fatores que influenciam uma firma a ecoinnovar são, em geral, semelhantes aos que impactam as inovações tradicionais (Schumpeter 1961), sendo

¹Brundtland (1988) mostra que, ao se considerar o desenvolvimento sustentável como tema importante, reconhece-se simultaneamente a importância da inovação no desenvolvimento de novos produtos e processos e, conseqüentemente, a utilização mais racional dos recursos naturais. Em conformidade com essa ideia, Porter & Linde (1995) apresentaram que o uso adequado dos recursos produtivos (água, energia e matéria-prima) poderia garantir importante melhoria ambiental.

provenientes de características tanto internas quanto externas à firma². Existem, ainda, determinantes da ecoinovação que são inerentes ao setor em que a empresa opera (Pavitt 1984).

A literatura empírica internacional³, apesar dos diferentes objetos de pesquisa, sugere que a ecoinovação tende a ser mais presente em empresas exportadoras, com maiores investimentos em gestão e Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) e que desempenham atividades com alto grau de concorrência. Outro fator também recorrente na análise refere-se à pressão de agentes internos e externos à empresa (acionistas e clientes, por exemplo), reforçando a importância da imagem corporativa quanto à sustentabilidade. Para o Brasil, os estudos que relacionam as características das firmas e a ecoinovação⁴ apontaram que a intensidade de exportações, forças internas à empresa e a regulação ambiental são os principais fatores para a adoção da ecoinovação pela empresa. Adicionalmente, também consideram-se aspectos como: financiamento do governo, cooperação entre empresas, especificidades regionais e pressões da demanda e de entidades socioambientais. Tais resultados também reforçam a existência de heterogeneidades tecnológicas nos diversos setores industriais.

Apesar da extensa literatura nacional e internacional na temática, propondo a compreensão dos fatores relacionados à inovação ambiental nas empresas, ainda cabe analisar como as características das empresas e dos setores contribuem para diferentes intensidades de inovação com ênfase no meio ambiente, além de explorar métodos de estimação ainda pouco difundidos na literatura correlata.

Nesse sentido, este trabalho contribui para a literatura existente ao identificar a relação da inovação em processos produtivos como forma de garantir um desenvolvimento industrial sustentável, utilizando a estrutura econométrica do *logit* ordenado multinível, com dois níveis (empresa e setor) e quatro intensidades de ecoinovação (alta, média, baixa e inexistente), um diferencial em relação à literatura conexa. Ademais, este trabalho traz contribuição ao debate sobre a ecoinovação nas indústrias brasileiras por incorporar a PINTEC 2014, última base de dados disponibilizada.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar os determinantes da ecoinovação na atual estrutura industrial brasileira. Especificamente, pretende-se, através da metodologia *logit* ordenado multinível, verificar empiricamente, com dados da PINTEC 2014, os fatores individuais e setoriais que caracterizam as firmas brasileiras nos diferentes níveis de ecoinovação.

Além desta introdução, o artigo está estruturado em mais quatro seções: na seção 2 são apresentados aspectos teóricos e empíricos acerca da ecoinovação; em seguida, na seção 3, encontram-se o aparato econométrico utilizado na análise, assim como os dados e variáveis utilizados. Na seção 4, os resultados são apresentados e discutidos e, finalmente, na seção 5, o trabalho é concluído.

²As características podem apresentar dimensões tanto com enfoque neoclássico (Rennings 2000) quanto evolucionário (Dosi 1988).

³Brunnermeier & Cohen (2003), Scott (2003), Rogers (2004), Mazzanti & Zoboli (2006), Frondel et al. (2007), Horbach (2008), Wagner (2008), Marchi (2012) e Horbach et al. (2012), entre outros estudos regionais.

⁴Ferraz & Serôa da Motta (2002), Serôa da Motta (2006), Albornoz et al. (2009), Diniz et al. (2010), Lucchesi et al. (2014), Hoff et al. (2016) e Freire (2018), por exemplo.

2 Aspectos teóricos e empíricos daecoinovação

2.1 A literatura teórica daecoinovação e seus determinantes

Os termos inovação e meio ambiente estão estreitamente relacionados. A inovação tornou-se fator essencial para o desenvolvimento de qualquer nação e, neste contexto, o uso de tecnologias que permitem reduzir o impacto sobre o meio ambiente e proporcionem novas técnicas de produção e gestão ambiental são fundamentais. A mudança tecnológica com o objetivo de minimizar os efeitos negativos sobre o meio ambiente depende, primeiramente, do comportamento das unidades produtivas e dos indivíduos. As firmas precisam desenvolver a capacidade de gerar e adotar inovações ambientais e os indivíduos necessitam agir obedecendo os princípios do desenvolvimento sustentável⁵.

O número de trabalhos que argumentam que a escala do sistema econômico e os padrões de consumo, decorrentes do estilo de crescimento atual, são insustentáveis do ponto de vista ecológico vem aumentando ao longo dos anos.⁶ Dessa forma, o desenvolvimento tecnológico enquadra-se como elemento chave para solucionar problemas de ordem ambiental (Solow 1974, 1986, Grossman & Krueger 1995, Friedman 2006). Por sua vez, Porter & Linde (1995) indicaram que as inovações, quando atreladas à questão ambiental, promovem ganhos tanto no aspecto ambiental quanto na competitividade; ou seja, a forma como uma empresa responde às questões ambientais seria fator determinante para a sua competitividade.⁷

É nesse contexto que se desenvolve o conceito de ecoinovação. Baseado, teoricamente, nas ideias de Schumpeter (1961)⁸, o termo relaciona-se a qualquer inovação que se traduza em um avanço importante no sentido do desenvolvimento sustentável, sendo, portanto, capaz de reduzir o impacto do processo produtivo no ambiente (Fussler & James 1996). Isso significa utilizar os recursos naturais de forma mais eficiente e responsável. Arundel et al. (2007), Kemp & Pearson (2008) e Oltra (2008) reforçam que os impactos positivos no meio ambiente não necessariamente são as finalidades das inovações, mas que o conceito de ecoinovação independe das motivações primais.

A literatura teórica expõe que as ecoinovações sofrem influência de fatores semelhantes aos que impactam as inovações tradicionais. Com o enfoque neoclássico, Rennings (2000), por exemplo, classificou os fatores impulsionadores

⁵O nível governamental é importante também, pois afeta o individual e o sistema como um todo.

⁶Os estudos de Daily (1997), Daily et al. (2000), Costanza et al. (1997, 1998), Hueting et al. (1998), Groot et al. (2002), Limburg & Folke (1999), Farber et al. (2002), Patterson (2002), Sukhdev (2008), dentre outros podem ser citados como exemplos.

⁷Porter & Linde (1995) afirmaram que as regulações e políticas ambientais podem beneficiar não só o meio ambiente, mas também as indústrias reguladas; ou seja, uma regulamentação ambiental pode estimular as empresas a buscarem inovações que minimizem o impacto ambiental e propiciem a minimização de custos e ganhos de produtividade e competitividade. Dessa forma, a sociedade se beneficiaria da redução do impacto ambiental (poluição), e as empresas poderiam ampliar sua lucratividade. Contudo, os autores relatam que, devido à assimetria informacional e problemas de coordenação, as empresas não são capazes de detectar o potencial das ecoinovações *per se*.

⁸Este autor considerava que a inovação era condição necessária para o desenvolvimento econômico, proporcionando a dinâmica necessária às atividades produtivas. Inicialmente, as firmas produziam novos produtos ou os mesmos produtos com processos diferentes; ao ser copiado ou imitado pelos concorrentes, o empresário buscava promover outras inovações, gerando novas ideias, novos processos e mais inovação. Essa busca pela criação contínua e cíclica foi denominada “destruição criadora” (Schumpeter 1961).

da ecoinovações em três grupos: (i) fatores puxados pelo mercado - *market pull* (market share, a concorrência, a inserção em novos mercados, os custos do trabalho, a demanda, fluxos informacionais, etc.); (ii) fatores empurrados pela tecnologia - *technology push* (qualidade do produto, a eficiência produtiva, logística e armazenamento, capacidade tecnológica e a eficiência energética); e (iii) fatores inerentes ao processo regulatório - *regulatory push* e *regulatory pull* (legislação ambiental vigente, os padrões de segurança e saúde ocupacional, exigências informacionais nos produtos, regras de responsabilização por danos e a expectativa de novas regulações), sendo que estes últimos possibilitam a ocorrência dos dois primeiros.

A tecnologia, seja ambiental ou não, pode ser classificada de acordo com o tipo de mudanças a que ela se refere, variando entre pequenas mudanças (inovações incrementais) e mudanças sistêmicas (inovações radicais e mudança de paradigma tecnológico); e de tecnologias que podem ser alteradas no curto prazo ou apenas no longo prazo (Dosi 1988, Cassiolato & Lastres 2005). Novas técnicas geram novos produtos, processos ou novos modos de organização da firma e produzem um estilo dinâmico na economia. Novos paradigmas tecnológicos nascem e podem estar baseados na utilização menos intensiva de energia, água e matérias-primas, por exemplo. Cabe mencionar que a ecoinovação nem sempre gera mudança de paradigma tecnológico, pois uma inovação com redução de impacto ambiental pode ser advinda de uma inovação incremental, ou seja, alterar um produto ou processo já existente para o enfoque ambiental. No caso de a inovação ser radical, o produto e/ou processo é totalmente novo, rompendo o paradigma vigente e estabelecendo um novo.

A dinâmica entre todos os fatores forma uma complexa estrutura sistêmica entre o ambiente econômico e a direção da mudança tecnológica. A teoria evolucionária, objetivada por Dosi (1982), se estabeleceu propondo incorporar às interações as especificidades setoriais e das firmas. Esse enfoque evolucionário da firma vem destacando-se a partir de trabalhos pioneiros, como os de Nelson & Winter (1977), Dosi (1984) e Pavitt (1984).⁹

Pavitt (1984), ao incorporar à corrente evolucionista os conceitos da organização industrial, realizou o estudo da estrutura setorial (taxonomias setoriais) nos processos inovativos industriais. Segundo o autor, as semelhanças presentes nos processos produtivos das firmas resultam em trajetórias tecnológicas também similares, permitindo o agrupamento das indústrias em categorias setoriais. Dessa forma, ao definir os padrões setoriais de inovação, é possível identificar condutas que aproximam firmas de um mesmo setor e que diferenciam um setor dos demais, permitindo a compreensão dos fatores relacionados à inovação e, similarmente, à ecoinovação (Pavitt 1984, Malerba 1992, Dosi & Marengo 1994). As diferentes especificidades das condições setoriais desempenham um papel decisivo na intensidade da adoção de ecoinovações pela empresa.

Considerando as exposições realizadas, deve-se ainda acrescentar importantes características que fazem a teoria evolucionária¹⁰ adequada para anali-

⁹Em paralelo ao conceito de ecoinovação tem-se o fortalecimento da ideia de logística reversa e análise do ciclo de vida dos produtos (Leite 2009, Brito & Aguiar 2014), que são essenciais para garantir a sustentabilidade das empresas em função das novas exigências do mercado.

¹⁰Na abordagem de Nelson & Winter (1977, 1982), a economia evolucionária trata a mudança técnica utilizando e adaptando conceitos da biologia. Contribuições teóricas dos neoschumpeterianos, dentre eles Freeman (1974, 1984), foram adicionadas e o progresso técnico passa a ser considerado um indicador fundamental no processo de desenvolvimento da firma e do mercado.

sar, além de inovações convencionais, as ecoinovações, a saber: (i) a perspectiva histórica dos danos ambientais; (ii) a perspectiva dinâmica evolutiva das mudanças na tecnologia; (iii) a interdependência temporal (*path-dependent*) da ecoinovação; (iv) a cumulatividade do dano ao meio ambiente; (v) a irreversibilidade da degradação; e (vi) a incerteza do resultado da mudança tecnológica (Dosi 1988, Kemp & Soete 1992, Freeman 1995).

Nessa perspectiva, a capacidade de a firma inovar está relacionada com o aprendizado acumulado adquirido por meio da pesquisa e desenvolvimento, do “aprender fazendo” (*learning-by-doing*) (Arrow 1962), do “aprender usando” (*learning-by-using*) (Rosenberg 1982) e do “aprender interagindo” (*learning-by-interacting*) (Lundvall 1992). O tipo e a intensidade da inovação são adquiridos por meio do acúmulo das três competências e os ativos tecnológicos, proporcionando a evolução das trajetórias da firma. As trajetórias são modificadas quando a firma acumula competências e aprimora sua capacidade inovativa (Nelson & Winter 1982). A consequência disso é que a firma pode inovar de forma contínua e evoluir no tempo. Especificamente no caso de questões ambientais, são adicionadas às questões supracitadas as externalidades negativas, que podem assumir diferentes dimensões (Kemp & Soete 1992, Lustosa 2002).

2.2 A literatura empírica da ecoinovação e seus determinantes

A temática sobre a dinâmica inovativa, incluindo a ecoinovação, é abordada na literatura econômica por três linhas de investigação distintas: a primeira define a mudança técnica como exógena à ciência econômica; a segunda insere a inovação como resultado da estrutura de mercado; e a terceira, em que se enquadra a teoria evolucionária, confere uma lógica particular para o processo inovativo sem descartar a importância dos fatores econômicos (Campos & Ruiz 2009).

Apesar da presença de particularidades em cada uma das linhas investigativas, as três teorias convergem sobre a importância das características setoriais e individuais das firmas para compreender a dinâmica ecoinovativa, já que tais características direcionariam as oportunidades tecnológicas percebidas por empresas e setores. A capacidade tecnológica, individual e setorial, seria, portanto, capaz de promover mudanças estruturais que resultariam na ampliação ou redução das heterogeneidades setoriais (Avellar et al. 2012).

Nas últimas duas décadas, muitos estudos empíricos se concentraram em identificar quais foram as características e os determinantes das ecoinovações, sendo, mais recentemente, incorporado às análises o enfoque evolucionário das inovações, aumentando o escopo e a profundidade das pesquisas (Bernauer et al. 2007, Marchi 2012). Dessa forma, os seguintes fatores organizacionais, institucionais e econômicos começaram a ser agregados nos estudos: fluxos de informações e conhecimento, capacitações tecnológicas e de absorção interna, características setoriais, comportamento inovador das firmas, as condições de mercado (*technology push* e *demand pull*), entre outros (Veugelers 2012).

A literatura internacional sobre os determinantes da ecoinovação, apesar de ainda em construção, engloba diversas metodologias, indicadores e resultados, tornando a investigação ainda mais contemporânea e relevante. Os trabalhos de Jaffe & Palmer (1997) – pioneiro na análise dos determinantes da ecoinovação – e Brunnermeier & Cohen (2003) procuraram estabelecer a

relação entre as políticas de regulação e a adoção de inovações nas indústrias americanas, baseando-se na hipótese formulada por Porter & Linde (1995). Ambos os trabalhos mostraram que a redução dos custos globais das firmas está associada a um aumento nos investimentos em P&D e que não houve uma relação significativa entre as regulações e a ecoinovação. A partir desses estudos, diversos trabalhos foram sendo traçados, como pode ser exemplificado pela Tabela 1, que apresenta parte da literatura internacional sobre a temática.

A revisão da literatura¹¹ permite constatar, ainda, que os estudos sobre os países de renda média e em desenvolvimento ainda são escassos e, embora a identificação dos determinantes da ecoinovação nas empresas seja um tópico difundido na literatura, muitas questões sobre tais fatores nesses países permanecem sem a devida análise (Del Río et al. 2016).

Na mesma direção da literatura internacional sobre ecoinovações, as pesquisas para a economia brasileira também vêm evidenciando e identificando as características e determinantes do processo de ecoinovação das firmas nacionais.

Diniz et al. (2010), ao analisarem as inovações ambientais no Polo Industrial de Manaus, mostraram que os fatores que mais influenciam a adoção de processos mais limpos são: tamanho da empresa, natureza do capital, grau de exportação, pressão da comunidade, redução de custos e subsídios. Marta et al. (2011) concluíram que os principais determinantes do investimento em redução da poluição foram o tamanho e a produtividade das empresas, ambos com relação positiva, e a idade da empresa com relação negativa. Já Oliveira et al. (2012), ao analisarem dados da indústria de serviços no período de 2009-2011, identificaram que a maioria das empresas utiliza recursos próprios como a principal fonte financiadora da atividade inovativa e reforçaram a necessidade de fontes de financiamento e subvenção governamentais para estimular a ocorrência de ecoinovações no contexto das empresas brasileiras.

Lucchesi et al. (2014) também contribuíram para a análise dos determinantes da ecoinovação na indústria de transformação brasileira, ao verificarem o papel da regulação ambiental na adoção de ecoinovações e confirmarem que as empresas de capital estrangeiro e que exportam têm maior probabilidade de adotar ecoinovações. Já o trabalho de Hoff et al. (2016) mostrou que o número de firmas ecoinovadoras representa um terço do total das empresas que inovam, e que os fatores internos e externos às empresas, tais como a dinâmica do processo produtivo e as leis ambientais e regulações, respectivamente, podem explicar a heterogeneidade entre os diferentes setores da atividade econômica. Por fim, Freire (2018) e Rabêlo & Melo (2018) evidenciaram a importância de parcerias para o desenvolvimento de condições e estímulos para a implementação de ecoinovações nos níveis corporativo e setorial.¹²

Dessa forma, compreender os fatores que determinam o comportamento das empresas e dos setores industriais em relação às questões ambientais garante um aparato informacional importante nas estratégias setoriais e nacionais de desenvolvimento sustentável. A literatura internacional, apesar dos

¹¹Revisões ampliadas sobre a literatura dos determinantes da ecoinovação podem ser encontradas em Barbieri et al. (2016), Del Río et al. (2016), Hojnik & Ruzzier (2016), Pacheco et al. (2017), Xavier et al. (2017) e Salim et al. (2019).

¹²Outros estudos que relacionam as estratégias inovativas das firmas brasileiras e as questões ambientais são Alperstedt et al. (2010), Carvalho et al. (2013), Queiroz & Podcameni (2014), Severo et al. (2015), Pinsky & Kruglianskas (2017).

Tabela 1: Revisão da literatura internacional sobre os determinantes da ecoinovação

Trabalhos	Objeto de estudo	Principais determinantes da ecoinovação (resultados)
Berrone et al. (2013)	Estados Unidos	Pressões institucionais
Mazzanti & Zoboli (2006); Antonioli & Mazzanti (2009); Cainelli et al. (2012)	Itália	Investimentos em P&D, gestão de custos e cooperação entre firmas
Frondel et al. (2007); Rehfeld et al. (2007); Horbach (2008); Kammerer (2009); Rexhäuser & Rammer (2011); Horbach et al. (2012); Horbach (2014b)	Alemanha	Investimentos em P&D e em capacitação tecnológica das firmas, parcerias com instituições e outras empresas. As políticas governamentais podem impactar significativamente apenas em algumas atividades setoriais
Demirel & Kesidou (2011)	Reino Unido	Preocupação ambiental, instrumentos de regulamentação e pressão social
Galliano & Nadel (2012)	França	Tamanho da empresa (médio e grande portes) e preocupação com a imagem da marca
Cole et al. (2006)	Japão	Investimento estrangeiro direto, empresas que exportam, intensidade de capital físico e tamanho da empresa
Marchi (2012); Del Rio et al. (2015); Llopis & Blasco (2018)	Espanha	Parcerias externas, tamanho e tempo de existência da firma
Veugelers (2012)	Bélgica	Fatores relacionados ao <i>demand pull</i> e políticas de incentivo a tecnologias verdes
Wagner (2008)	9 países europeus	Tamanho da empresa não tem nenhum efeito sobre a probabilidade de ecoinnovar
Triguero et al. (2013)	27 países europeus	Incentivos econômicos
Horbach (2014b)	Europa Oriental	Subsídios relacionados ao meio ambiente
Ghisetti et al. (2015)	11 países europeus	Fontes externas de conhecimento (institutos de pesquisa, agências, universidades, clientes e fornecedores) na geração de ecoinovações
Testa & Iraldo (2010)	Países da OCDE	Técnicas avançadas de gestão administrativa e operacional
Cai & Zhou (2014); Li (2014); Cai & Li (2018)	China	Redes externas de cooperação e conhecimento
Lin et al. (2014)	China	Capital político (relação negativa)

diferentes objetos de pesquisa, sugere que a ecoinovação tende a ser mais presente em empresas exportadoras, com maiores investimentos em gestão e P&D e que desempenham atividades com alto grau de concorrência. Outro fator também recorrente na análise refere-se à pressão de agentes internos e externos à empresa (acionistas e clientes, por exemplo), reforçando a importância da imagem corporativa quanto à sustentabilidade. Para o Brasil, os estudos que relacionam as características das firmas e a ecoinovação apontaram que a intensidade de exportações, forças internas à empresa e a regulação ambiental são os principais fatores para a adoção da ecoinovação pela empresa. Outros fatores também considerados são: financiamento do governo, cooperação entre empresas, especificidades regionais, pressões da demanda e entidades socioambientais. Tais resultados reforçam a existência de heterogeneidades tecnológicas nos diversos setores industriais.

Para atingir os objetivos propostos neste trabalho, a literatura revisada contribui consideravelmente para a seleção das variáveis explicativas usadas no modelo econométrico de ecoinovação nas indústrias brasileiras. Assim, pode-se obter uma melhor compreensão do fenômeno e, desta forma, contribuir para o fornecimento de dados e evidências que possam propiciar a formulação de políticas de incentivo à adoção destas inovações.

3 Metodologia

Os modelos lineares generalizados multinível (GLLAMM) estão, progressivamente, ganhando destaque nas diversas áreas de conhecimento, com especial notoriedade no campo das ciências sociais aplicadas. A conquista de espaço no meio científico deve-se ao fato dos modelos multinível, ao contrário dos modelos tradicionais de regressão, considerarem a estrutura naturalmente aninhada de dados, viabilizando a identificação e análise das heterogeneidades individuais e entre grupos em que estes indivíduos estão inseridos (Fávero & Belfiore 2017).

Os GLLAMM compreendem os modelos hierárquicos lineares (HLM) e os não lineares (HNLM). Embora ambos apresentem uma estrutura em níveis, enquanto o HLM apresenta a variável dependente de forma contínua, o HNLM expressa a variável resposta de maneira categórica (Fávero & Belfiore 2017).

Dessa forma, o modelo hierárquico não linear se define como o método efetivo para os objetivos desta pesquisa. Primeiramente, porque a definição dos setores como um segundo nível permite incorporar explicitamente no estudo duas questões: (i) a característica estratificada natural dos dados; e (ii) a validade da análise dos efeitos fixos e dos efeitos aleatórios para a temática da dinâmica inovativa.

Especificamente, a questão (i) refere-se ao fato da base de dados, aqui utilizada, estratificar as empresas de acordo com as 24 atividades econômicas; ou seja, a disposição dos dados já apresenta empresas conglomeradas em um nível superior, favorecendo a utilização do HNLM. Ademais, mais do que a incorporação da característica natural dos dados, a utilização do modelo hierárquico não linear, com os setores em segundo nível, busca, como explicitado em (ii), validar a influência não homogênea das atividades econômicas sobre a disposição das empresas ecoinovarem.¹³

¹³A literatura sobre a temática, já amplamente debatida, apresenta Pavitt (1984) como difusor da importância da estrutura setorial (taxonomias setoriais) nos processos inovativos. Segundo

Dessa forma, a utilização de uma estrutura multinível visa contribuir com a literatura sobre a dinâmica inovativa ao considerar que os setores são heterogêneos e, portanto, capazes de influenciar a variação dos determinantes daecoinovação. A relevância do presente estudo é potencializada ao valer-se adicionalmente da regressão logística ordenada, implicando na utilização de um modelo HNM complexo, denominado *multilevel mixed-effects ordered logistic regression*.

A regressão logística ordenada faz uso da variável dependente categórica ordinal, resultando em modelos que possuem menos parâmetros e de maior facilidade de interpretação¹⁴. Há diferentes formas de definir as categorias e caracterizar o que significa “sucesso” ou ocorrência do evento de interesse: o modelo de probabilidade proporcional - PO (ou cumulativo), o modelo de taxa de continuação (CR) e o modelo de categorias adjacentes (AC) (O’Connell 2010). Cada um desses modelos deve ser utilizado conforme a necessidade do problema de pesquisa.

Nesse sentido, quando se deseja acrescentar aos dados ordinais um modelo multinível, a literatura e os próprios *softwares* convergem para o modelo de probabilidade proporcional ou *logit* cumulativo. Basicamente, o modelo PO distingue as categorias com base nos *cutpoints* (pontos de corte), de maneira que o sucesso pode ser definido como estando em categorias no ou abaixo do *m*-ésimo ponto de corte (opção ascendente) ou, alternativamente, como estando em categorias maiores ou iguais ao ponto de corte (opção descendente) (O’Connell 2010).

Formalizando de acordo com Raudenbush & Bryk (2002), o modelo ordenado multinível é representado pelo conjunto das equações (1) e (2):

$$\text{Nível 1: } \eta_{mij} = \ln(Y_{mij}) = \beta_{0j} + \sum_{q=1}^Q \beta_{qj} X_{qij} + \sum_{m=2}^{M-1} D_{mij} \delta_m \quad (1)$$

$$\text{Nível 2: } \beta_{qj} = \gamma_{q0} + \sum_{s=1}^{S_q} \gamma_{qs} W_{sj} + u_{qj} \quad (2)$$

em que η_{mij} é o *logit* predito da *m*-ésima comparação cumulativa para a empresa *i* no setor *j*; *m* designa as possibilidades de categorias ordenadas ($m = 1, \dots, M$), sendo D_{mij} o indicador das *m* categorias e seu respectivo limiar δ_m ; β_{0j} é o intercepto geral que, segundo o STATA (2015), tem seu efeito absorvido pelos *cutpoints*; β_{qj} é a inclinação explicitada pela equação (2), que engloba: (i) mudança na inclinação em razão de $X(\gamma_{q0})$, representando a alteração na variável dependente para observação *i* pertencente a determinado grupo *j*, quando houver uma alteração unitária na característica *X*; (ii) mudança na inclinação em razão de $W \cdot X(\gamma_{qs})$, refere-se à alteração na variável dependente para observação *i* pertencente a determinado grupo *j*, quando houver uma

o autor, as semelhanças presentes nos processos produtivos das firmas resultam em trajetórias tecnológicas também similares, permitindo o agrupamento das indústrias em categorias setoriais.

¹⁴Quando uma variável categórica tem mais de duas categorias, distingue-se dois tipos de escalas. Dessa forma, além das variáveis ordinais, há as variáveis categóricas com escalas não ordenadas, chamadas de variáveis nominais, que resultam em modelos com mais parâmetros estimados e de interpretação mais difícil (Raudenbush & Bryk 2002).

alteração unitária no produto $W \cdot X$; e (iii) u_{qj} são os efeitos aleatórios na inclinação. A suposição de probabilidades proporcionais mantém que, em todas as divisões cumulativas $M-1$, essas inclinações sejam constantes, embora variem intragrupo (Fávero & Belfiore 2017).

De modo a adequar as equações (1) e (2) à dinâmica ecoinovativa deste trabalho, tem-se que i refere-se às 6.656 empresas brasileiras analisadas, que podem ser agrupadas em $j = 24$ setores industriais. As definições e descrições das variáveis dependente e explicativas do modelo ordenado multinível são apresentadas na Tabela 2.

A Tabela 2 evidencia que a variável explicada é dividida em quatro categorias ($m = 4$) para indicar a relevância da ecoinovação. A variável ecoinovação (*eco*) é construída com base em duas questões da PINTEC: (i) o impacto da inovação sobre o meio ambiente; e (ii) o uso de novas técnicas de gestão ambiental para tratamento de efluentes, redução de resíduos, de CO_2 , etc. Cabe ressaltar que as questões da PINTEC trazem os esforços/resultados das empresas na redução do impacto causado ao meio ambiente, e não uma mensuração explícita do nível de ecoinovação empregado na empresa. Infelizmente, ainda não há uma variável a nível de empresa que mesure o nível de ecoinovação, sendo as questões da PINTEC a *proxy* mais adequada para este tipo de análise.

Já o vetor de variáveis explicativas do nível de empresa (X) é formado por 14 variáveis preditoras, implicando Q de mesmo valor. Por fim, o vetor de variáveis independentes do nível de setor (W) é composto por quatro variáveis, resultando em $S = 4$.

No que concerne a variáveis explicativas, espera-se que Fonte de informação externa (*externa*), Pessoal ocupado (*peessoal*), Intensidade tecnológica setorial (*pdset*) e Concentração setorial (*concentra*) apresentem um coeficiente estimado com sinal positivo, dadas as discussões apresentadas por Pavitt (1984), Schumpeter (1961), Ferraz & Serôa da Motta (2002), Cole et al. (2006), Mazzanti & Zoboli (2006), Horbach (2008, 2014a), Avellar et al. (2012), Marchi (2012), Horbach et al. (2012), Galliano & Nadel (2012), Lucchesi et al. (2014) e Del Rio et al. (2015).

Já para as demais variáveis não é possível estabelecer um sinal esperado, já que a literatura não é consensual sobre a relação entre Intensidade da exportação (*intexp*), Apoio do governo (*gov*), Capacitação tecnológica (*captec*), Intensidade de P&D (*intpd*), Intensidade de estrutura inovativa (*intinov*) e Capital estrangeiro (*capital*) com a relevância da ecoinovação (Ferraz & Serôa da Motta 2002, Cole et al. 2006, Mazzanti & Zoboli 2006, Frondel et al. 2007, Horbach 2008, 2014a,b, Marchi 2012, Horbach et al. 2012, Veugelers 2012, Lucchesi et al. 2014, Del Rio et al. 2015, Hoff et al. 2016).

Por outro lado, espera-se, com base na teoria apresentada, especialmente apoiada na taxonomia de Pavitt (1984), que o segundo nível se mostre significativo, de forma que seja possível captar os efeitos fixo e aleatório do modelo estrutural para a análise da dinâmica ecoinovativa. Especificamente, verificou-se o resultado da correlação intraclasse (ICC) dada pela expressão (3):

$$ICC = \frac{Var(u_{qj})}{Var(u_{qj}) + 3,29} \quad (3)$$

O ICC mede a proporção da variância total devido ao primeiro e segundo nível. Especificamente, $Var(u_{qj})$ representa a variância a nível de setor, sendo

Tabela 2: Descrição das variáveis do modelo, com base da PINTEC^a

Variáveis	Variável no modelo	Descrição da variável
Dependente (Categoria 1)	Ecoinovação inexistente (<i>eco=1</i>)	$eco = 1$ se Baixa/Não ou Inexistente/Sim ou Inexistente/Não (combinação das questões 105 e 189)
Dependente (Categoria 2)	Ecoinovação baixa (<i>eco=2</i>)	$eco = 2$ se Média/Não ou Baixa/Sim (combinação das questões 105 e 189)
Dependente (Categoria 3)	Ecoinovação média (<i>eco=3</i>)	$eco = 3$ se Alta/Não ou Média/Sim (combinação das questões 105 e 189)
Dependente (Categoria 4)	Ecoinovação alta (<i>eco=4</i>)	$eco = 4$ se Alta/Sim (combinação das questões 105 e 189)
Explicativas Nível 1	Intensidade da exportação (<i>intexp</i>)	$intexp = 0,2 * Questão\ 89 + 0,3 * Questão\ 90 + 0,4 * Questão\ 91 + 0,1 * Questão\ 92$
	Apoio do governo (<i>gov</i>)	$gov = 1$ se pelo menos uma das respostas for SIM; $gov = 0$ caso contrário (questões 156 a 162)
	Capacitação tecnológica (<i>captec</i>)	Número de empregados de nível superior/número total de empregados
	Intensidade de P&D (<i>intpd</i>)	Investimentos em P&D (questões 31 e 32) / Receita Líquida com Vendas (Questão 9)
	Intensidade de estrutura inovativa (<i>intinov</i>)	Investimentos em atividades inovativas, exclusive P&D (questões 33 a 37) / Receita Líquida com Vendas (Questão 9)
	Fonte de informação interna (<i>interna</i>)	$interna = 1$ se, pelo menos, uma resposta das questões 108 e 109 for “Alta”; $interna = 0$ caso contrário
	Fonte de informação externa (<i>externa</i>)	$externa = 1$ se, pelo menos, uma resposta das questões 110 a 121 for “Alta”; $externa = 0$ caso contrário
	Dummies regionais (<i>sul, no, ne, co</i>)	$sul = 1$ se Região Sul; $sul = 0$ caso contrário; $no = 1$ se Região Norte; $no = 0$ caso contrário; $ne = 1$ se Região Nordeste; $ne = 0$ caso contrário; $co = 1$ se Região Centro-Oeste; $co = 0$ caso contrário (base: Região Sudeste)
	Pessoal ocupado (<i>pessoal</i>)	Número de trabalhadores no final do período (Questão 8)
	Capital estrangeiro (<i>capital</i>)	$capital = 1$ se a origem do capital controlador da empresa é estrangeiro ou misto; $capital = 0$ caso contrário (Questão 1)
Produtividade (<i>prod</i>)	Receita Líquida de Vendas (Questão 9) / Pessoal Ocupado (Questão 8)	

Fonte: Elaboração própria.

^aO questionário da Pesquisa de Inovação (PINTEC 2014), com a descrição das questões, encontra-se em <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv99007.pdf>>

Tabela 2: Descrição das variáveis do modelo, com base da PINTEC^a (continuação)

Variáveis	Variável no modelo	Descrição da variável
Explicativas Nível 2	Intensidade tecnológica setorial (pdset)	Somatório dos gastos das empresas com P&D e inovação do setor CNAE a 2 dígitos dividido pelo somatório da RLV do mesmo setor (questões 9 e 31 a 37)
	Intensidade de exportação setorial (expset)	$Expset = \frac{0,2 * \sum_i^i (Questão\ 89_i\ pessoal_i)}{pessoal_j} + \frac{0,3 * \sum_i^i (Questão\ 90_i\ pessoal_i)}{pessoal_j} + \frac{0,4 * \sum_i^i (Questão\ 91_i\ pessoal_i)}{pessoal_j} + \frac{0,1 * \sum_i^i (Questão\ 92_i\ pessoal_i)}{pessoal_j}$ em que $pessoal_j$ é o pessoal total ocupado no setor j
	Concentração setorial (concentra)	Índice de Herfindahl-Hirschmann por CNAE a 2 dígitos, em que: $HHI_j = \sum (\frac{RLV_i}{RLV_j})^2$ onde i é empresa e j o setor (questão 9)
	Diferenciação de produto (difprod)	Número de empresas no setor que realizaram inovação de produto dividido pelo número de empresas no setor que realizaram inovação de produto e/ou processo (questões 10, 11 e 15)

Fonte: Elaboração própria.

^aO questionário da Pesquisa de Inovação (PINTEC 2014), com a descrição das questões, encontra-se em <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv99007.pdf>>

gerada a partir da estimação do modelo. O valor de 3,29 é a variância do erro referente ao nível de empresa, tendo como base os trabalhos de Grilli & Rampichini (2007), O'Connell (2010) e Ene et al. (2015).¹⁵

O ICC pode assumir valor de 0 a 1. No caso em que é igual a zero, não ocorre variância das empresas entre os setores, ou seja, a relevância da ecoinovação independe de qual setor a empresa pertence. Nessa situação, deve-se recorrer a procedimentos tradicionais de estimação. De maneira antagônica, se o valor for 1, toda a variabilidade existente na ecoinovação irá depender do segmento da empresa (Fávero & Belfiore 2017).

Buscando obter maior robustez à estrutura do modelo, realizou-se o teste da razão de verossimilhança (LR test), testando assim se a estrutura do modelo ordenado multinível ajusta-se de forma mais adequada aos dados do que o puro modelo logístico ordenado.

Ressalta-se, por fim, que, de modo a facilitar a interpretação dos determinantes, a análise das variáveis foi realizada valendo-se da razão de chances, expressa pela seguinte equação:

¹⁵Quando o modelo logístico é aplicado, diferentemente dos modelos multiníveis que apresentam a variável dependente contínua, não se obtém a variância do primeiro nível. Dessa forma, para o cálculo do ICC, presume-se que os resíduos do primeiro nível sigam a distribuição logística padrão, apresentando, portanto, média 0 e variância de $\pi^3/3 = 3,29$ (Grilli & Rampichini 2007, O'Connell 2010, Ene et al. 2015).

$$\pi_{mij} = \frac{\exp(\eta_{mij})}{1 + \exp(\eta_{mij})} = \frac{\text{odds}_{(mij)}}{1 + \text{odds}_{(mij)}} \quad (4)$$

3.1 Base de dados

A base de dados utilizada na presente análise é composta pela Pesquisa de Inovação (PINTEC) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 2014.

A PINTEC, que teve sua primeira edição publicada em 2000, visa fornecer informações trienais relacionadas às atividades de inovação das empresas brasileiras com dez ou mais pessoas ocupadas, tendo como universo de investigação as atividades das indústrias extrativas e de transformação, setores de eletricidade e gás e de serviços selecionados (IBGE 2016). A PINTEC fornece informações sobre o esforço empreendido para inovação de produtos e processos; identificação do impacto das inovações no desempenho e competitividade das empresas; fontes de informação e relações de cooperação estabelecidas com outras organizações; apoio do governo para as atividades inovativas; identificação dos problemas e obstáculos para a implementação de inovação; inovação organizacional e de *marketing*, entre outros aspectos (IBGE 2016).

Neste trabalho, utilizou-se o universo das indústrias de transformação brasileiras compreendidas na PINTEC 2014, que tem como referência o período 2012-2014.

A construção das variáveis e as estimações econométricas foram realizadas através do *software* estatístico Stata 14. Diante da confidencialidade dos microdados utilizados neste trabalho, todos os procedimentos de análise e estimação foram realizados em Sala de Acesso a Dados Restritos (SAR) do IBGE.

4 Resultados e discussão

4.1 Caracterização das empresas analisadas

A fim de conhecer melhor o objeto de estudo deste trabalho, a Tabela 3 permite caracterizar a amostra composta por 6.656 empresas pertencentes aos 24 setores elencados na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0) do IBGE.

A produtividade média das empresas, importante fator para o crescimento econômico nacional, em 2014, foi de R\$ 306,6 mil por trabalhador. Mation (2014) ressalta que, independentemente da metodologia utilizada para o cálculo da produtividade, é consenso que houve melhora nos índices de produtividade nos últimos anos, mas o crescimento econômico no Brasil continua a ser orientado pela acumulação de fatores de produção em detrimento ao crescimento da produtividade.

Complementarmente, faz-se plausível estabelecer uma relação entre produtividade e empresas que ecoinovam, já que firmas com alta relevância em ecoinovação apresentam, em média, uma produtividade 16,73% maior do que as empresas que não ecoinovam. Tal relação, contudo, é verificada estatisticamente pelo modelo econométrico.

Assim como a produtividade, a variável referente ao apoio do governo demonstra certa relação com a ecoinovação. Atuando em aproximadamente 43%

Tabela 3: Médias das variáveis utilizadas no modelo econométrico

Variável	Medida	Total	EcoInovação			
			Não	Baixa	Média	Alta
intexp	%	2,49	2,11	3,27	3,08	3,38
gov	%	43,05	40,03	45,42	46,35	53,91
captec	%	20,67	23,71	19,09	17,36	16,38
intpd	%	2,88	2,65	2,38	3,86	3,02
intinov	%	7,58	4,27	4,72	19,08	9,52
interna	%	49,84	46,62	47,73	53,90	60,06
externa	%	81,82	77,87	76,71	87,07	91,87
sudeste	%	51,26	53,45	51,63	46,26	47,43
sul	%	29,99	29,80	31,40	33,00	28,25
ne	%	9,90	8,73	10,33	10,33	12,59
no	%	3,67	3,14	3,37	4,28	4,96
co	%	5,18	4,88	3,27	6,13	6,74
pessoal	média/empresa	507,10	346,90	718,50	606,80	856,40
capital	%	13,60	12,55	17,18	14,44	14,57
prod	R\$mil/trab.	306,60	265,80	303,60	352,20	357,90
pdset	%	3,61	3,78	3,39	3,28	3,53
expset	%	2,96	2,95	3,02	2,97	2,95
concentra	%	5,16	5,35	4,29	4,73	5,55
difprod	%	64,24	65,05	65,02	63,41	62,77
Total	%	100,00	52,69	14,26	17,89	15,16

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PINTEC 2014 (IBGE 2016).

das firmas, a ação governamental está 34,67% mais presente em empresas com alta relevância em inovações ambientais comparativamente ao outro extremo, sinalizando que o Estado busca incentivar a ecoinovação.

O possível incentivo governamental à ecoinovação pode estar ocorrendo por meio de duas abordagens ou a combinação entre: *technology-push*¹⁶ e *demand-pull*¹⁷. No primeiro caso, o governo age reduzindo o custo privado do desenvolvimento dos projetos; enquanto pela segunda abordagem, o apoio do governo eleva o lucro da empresa com o sucesso da inovação (Pinsky & Kruglianskas 2017).

Destaca-se, ainda, as variáveis que representam as regiões brasileiras. A concentração da atividade econômica na Região Sudeste é confirmada pelos dados ao demonstrarem que aproximadamente 51,3% das empresas analisadas encontram-se nessa região. Quando analisa-se a ecoinovação, o Sudeste continua a apresentar o maior percentual de firmas, contudo há uma redistribuição, indicando que empresas que inovam não necessariamente o fazem preocupando-se com o impacto ambiental.

A comparação entre inovação e ecoinovação pode ser ampliada para o nível de setor. Como pode ser observado na Tabela 4, o setor de alimentos é o mais inovativo, no sentido de agregar cerca de 14,74% das empresas inovadoras. Em contraponto, os setores de fumo, coque e refino, outros equipamentos

¹⁶Exemplos de *technology-push* são: subsídios a iniciativas de Pesquisa e Desenvolvimento, aumento da capacidade de transferência de conhecimento, apoio a iniciativas de educação e capacitação, e o financiamento de projetos de demonstração (Pinsky & Kruglianskas 2017).

¹⁷Exemplos de *demand-pull* são: propriedade intelectual, créditos fiscais e descontos para consumidores de novas tecnologias, compras governamentais, mandatos de tecnologia, padrões regulatórios e impostos sobre tecnologias concorrentes (Pinsky & Kruglianskas 2017).

de transporte e produtos farmoquímicos e farmacêuticos apresentam baixo número de empresas que inovam, fazendo com que cada setor englobe menos do que 1% do total de empresas analisadas.

Quando se busca desagregar a análise por impacto causado, percebe-se que, na média, cerca de 60% das empresas que implementaram inovações apresentaram uma baixa ou não relevante redução do impacto ambiental. Já quanto às inovações organizacionais, apenas 39% adotaram técnicas de gestão ambiental.

O setor de alimentos, que figura como destaque positivo na questão de inovação, também se destaca quando o parâmetro é a ecoinovação, contudo, agora de maneira negativa. Isso porque, conjuntamente aos setores de fumo, vestuário e acessórios, celulose e papel, produtos de metal e manutenção de máquinas, o setor de alimentos integra o grupo em que há o maior percentual de empresas que não convertem as inovações em relevante redução do impacto ambiental. No outro extremo, em se tratando de ecoinovação, pode-se destacar os setores de bebidas, de produtos de madeira, impressão e gravações, minerais não-metálicos e outros equipamentos de transporte como contendo o maior percentual de empresas que, ao inovarem, impactam com alta relevância na redução dos danos ao meio ambiente.

Por fim, cabe destacar de maneira positiva o setor de coque e refino, que, mesmo com número relativamente pequeno de empresas inovativas, mais de 50% destas preocupam-se com a conversão da inovação em ganhos ambientais e, adicionalmente, cerca de 75% delas implementaram técnicas de gestão ambiental.

4.2 O modelo econométrico de ecoinovação

Os resultados econométricos são apresentados na Tabela 5. Inicialmente, procedeu-se com a análise apenas em primeiro nível, através do *logit* ordenado. Posteriormente, diante das literaturas teóricas e empíricas sobre os determinantes das ecoinovações, inseriu-se a análise do *logit* ordenado multinível.

Uma análise relevante ao modelo hierárquico é a estimação do modelo não condicional (modelo nulo, sem a inclusão de variáveis preditoras), que permite estabelecer a existência de variabilidade na probabilidade de ecoinnovar, em suas diferentes intensidades, para os diferentes setores. A partir dessa estimação, encontra-se a variância intersetorial (0,984), significativa estatisticamente, base para o cálculo do coeficiente de correlação intraclasse (ICC). O valor do ICC de 0,2302 indica que, aproximadamente 23% das variações na probabilidade de ecoinnovar das firmas brasileiras deve-se às heterogeneidades setoriais, justificando o uso da modelagem multinível. Tal resultado é corroborado com o teste LR, que reforça a necessidade de se fazer a análise em multinível, ao rejeitar a hipótese de que os efeitos aleatórios (Nível 2) são iguais a zero.

Verifica-se que a intensidade da exportação da firma é uma variável significativa e afeta positivamente na probabilidade de as empresas adotarem ecoinovações. A inserção no mercado internacional, principalmente em países desenvolvidos, requer produtos ambientalmente corretos. Dessa forma, a fim de atender um mercado normalmente mais exigente, a ecoinovação – através da inovação de produto e melhores práticas de gestão ambiental – proporciona ganhos de competitividade à empresa no mercado internacional (Ferraz & Serôa da Motta 2002, Cole et al. 2006). Apesar de não existir um consenso

Tabela 4: Inovação e ecoinovação por setores produtivos

Setores	Participação Empresas inovadoras (%)	Redução do impacto ambiental			Técnicas de gestão ambiental (%)
		Alta (%)	Média (%)	Baixa/não relevante (%)	
Alimentos	14,74	16	18	66	36
Bebidas	1,01	40	15	45	50
Fumo	0,06	8	25	66	47
Produtos têxteis	2,95	25	23	53	34
Vestuário e acessórios	12,20	17	12	71	27
Artefatos de couro	3,38	30	15	55	42
Produtos de madeira	3,17	44	10	46	34
Celulose e papel	1,55	19	8	73	22
Impressão e gravações	2,00	49	3	47	60
Móveis	6,49	24	32	44	49
Produtos diversos	3,59	19	16	65	34
Coque e Refino	0,30	28	24	48	75
Borracha e plástico	6,99	24	16	61	37
Minerais não-metálicos	10,11	41	20	39	53
Metalurgia	1,60	30	16	53	50
Produtos de metal	8,39	20	14	66	36
Manutenção de máquinas	2,24	15	11	74	20
Produtos químicos	4,30	34	17	49	53
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	2,44	29	10	60	39
Máquinas e equipamentos	6,35	17	18	65	41
Veículos automotores, reboques e carrocerias	2,58	36	12	52	33
Outros equipamentos de transporte	0,54	40	11	49	56
Produtos farmoquímicos e farmacêuticos	0,51	16	34	50	36
Informática, produtos eletrônicos e ópticos	2,51	21	13	65	22
Total (%)	100,00	24	17	59	39

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PINTEC 2014 (IBGE 2016).

Tabela 5: Resultados dos modelos econométricos

Variável	Modelos		
	<i>logit</i> ordenado	<i>logit</i> ordenado multinível	<i>logit</i> ordenado multinível (<i>odds ratio</i>)
Nível 1: Empresa			
intexp	0,0112*** (0,0020)	0,0178*** (0,0032)	1,0180
gov	0,1750*** (0,0225)	0,2060*** (0,0382)	1,2288
captec	-0,4400*** (0,0913)	-0,3940** (0,1612)	0,6744
intpd	0,0010*** (0,0000)	0,0022*** (0,0000)	1,0022
intinov	0,0007 (0,0006)	0,0012 (0,0011)	1,0012
interna	0,1780*** (0,0228)	0,2810*** (0,0372)	1,3245
externa	0,3260*** (0,0292)	0,5180*** (0,0478)	1,6787
sul	0,0693*** (0,0261)	0,1120*** (0,0424)	1,1185
ne	0,0100 (0,0401)	0,0187 (0,0652)	1,0189
no	0,1940*** (0,0599)	0,3530*** (0,1010)	1,4233
co	-0,1263 (0,0952)	-0,0138 (0,0878)	0,9863
pessoal	0,0004*** (0,0000)	0,0001*** (0,0000)	1,0001
capital	0,0580 (0,0360)	0,0819 (0,0587)	1,0854
prod	0,0001*** (0,0000)	0,0002*** (0,0000)	1,0002
Nível 2: Setor			
pdset	-	0,0335** (0,0017)	1,0341
expset	-	0,0219 (0,0774)	1,0221
concentra	-	0,0252*** (0,0029)	1,0255
difprod	-	-0,0255** (0,012)	0,9748
Variância intersetorial	-	0,984*** (0,427)	-
ICC	-	0,2302	-

***, ** e *: significância estatística a 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Fonte: Resultados da pesquisa.

na literatura sobre os efeitos da intensidade da exportação de uma firma sobre o nível de ecoinovação da mesma, é fato que o comércio internacional amplia o monitoramento sobre as práticas ambientais das empresas (Almeida & Fernandes 2008), principalmente sobre os novos produtos, corroborando com o resultado encontrado neste trabalho.

A variável relacionada ao apoio do governo (gov) para as ecoinovações também foi significativa e reforça o papel dos incentivos fiscais na geração de inovação e, conseqüentemente, de ecoinovação nas empresas brasileiras. Esse resultado indica que o apoio governamental aumenta em, aproximadamente, 23% as chances das empresas estarem em categorias de ecoinovação mais relevantes em comparação às empresas que não recebem tal suporte do governo. Tal resultado pode ser explicado pelo fato do Brasil, segundo Araújo (2012), ter se tornado um dos países mais avançados com relação aos instrumentos legais de apoio à inovação industrial e que, nos últimos programas de incentivo e financiamento, vêm priorizando projetos que incentivam a energia renovável, o meio ambiente e a sustentabilidade, alavancando assim as tecnologias ecoinovadoras.

Quanto à relação entre capacitação tecnológica e ecoinovações, observa-se uma relação negativa e estatisticamente significativa ao nível de 5%. O resultado indica que, quanto maior a proporção de colaboradores com formação superior na empresa, menor é a probabilidade desta empresa apresentar níveis superiores de ecoinovação. Tal resultado foi inesperado, pois a literatura indica a relação positiva (Del Rio et al. 2015, Horbach 2014b) ou mesmo a não significância desta relação (Horbach 2008, Horbach et al. 2012).

Uma justificativa para o resultado inesperado refere-se à dificuldade em captar os aspectos qualitativos e de adequabilidade da formação para as atividades da empresa, principalmente inovativas. Infelizmente, não existem indicadores consistentes para estabelecer a real capacidade do capital humano na empresa, tornando assim uma limitação para pesquisas que relacionam capacitação tecnológica e ecoinovações. Mesmo com tais resultados, reforça-se a necessidade de investimentos em capacitação profissional interna dos colaboradores ao longo do processo de aprendizado da firma, a fim de garantir o desenvolvimento de tecnologias ecoinovadoras e uma melhor gestão ambiental do empreendimento, como preconizado na teoria evolucionária da firma.

Quanto às intensidades de P&D (*intpd*) e da estrutura inovativa (*intinov*), observa-se que ambas as variáveis apresentam sinais positivos para a relação com os níveis de ecoinovação, mas somente a intensidade de P&D apresentou significância estatística nos padrões desejáveis. Dessa forma, os dispêndios em P&D, sejam internos ou por aquisição externa, são importantes para o desenvolvimento de estratégias inovativas que reduzam o impacto ao meio ambiente, ou seja, sugerem que firmas com maior intensidade em P&D tendem a fazer mais investimentos ecoinovativos que as demais. Ademais, esses dispêndios em P&D podem proporcionar, inclusive, a melhoria do capital humano (capacidades tecnológicas) na promoção das ecoinovações, reforçando o papel da capacitação de pessoal supracitada.

Por outro lado, a não significância da variável intensidade da estrutura inovativa indica que a aquisição de conhecimento externo, *softwares*, máquinas e equipamentos e outros procedimentos técnicos não têm o mesmo impacto que os investimentos diretamente realizados em P&D; ou seja, essas capacidades de absorção tecnológica externa à firma não são significativas para explicar a probabilidade da empresa ecoinnovar.

Os resultados econométricos também sugerem que as fontes de informação, interna e externa, empregadas pela empresa são determinantes significativos da ecoinovação em suas diferentes dimensões, conforme já identificado pela literatura correlata. Ademais, ao analisar a razão de chances (*odds ratio*), observa-se que a presença de fontes externas de informação relevantes (concorrentes, fornecedores, clientes, centros de pesquisa, etc.) implica em um aumento de, aproximadamente, 67,87% nas chances de as empresas estarem em categorias de ecoinovação superiores, relativamente às empresas que não recebem tal aparato informacional; valor consideravelmente superior à razão de chances das fontes internas de informação (32,45%).

Tais resultados convergem para a literatura teórica da inovação, como em Cohen & Levinthal (1989), que caracteriza a importância das firmas em investir em estruturas de comunicação que permitam desenvolver e manter a capacidade empresarial de apreender e explorar informações disponíveis externamente. Dessa forma, evidencia-se que a presença de fontes de informação internas e externas na firma podem garantir ganhos estratégicos para o processo inovativo e ecoinovativo, sendo que a gestão integrada dessas fontes pode garantir resultados superiores, tanto econômicos quanto ambientais, corroborando com as considerações de Linder et al. (2003).

As variáveis pessoal ocupado (*pessoal*) e produtividade do trabalho (*prod*) também apresentam coeficientes significativos e positivos. A variável *pessoal* pode ser considerada uma *proxy* para o tamanho da empresa, reforçando que empresas maiores têm melhores condições de realizar ecoinovações, como também encontrado em Ferraz & Serôa da Motta (2002), Cole et al. (2006), Horbach (2008) e Lucchesi et al. (2014). Por sua vez, a variável *prod* indica que firmas com processos produtivos mais eficientes apresentam maior probabilidade de ecoinovarem, relativizando a ideia da existência de *trade-off* entre produtividade e desempenho sustentável (Porter & Linde 1995).

Na análise regional, observa-se que apenas as *dummies* para as regiões Sul e Norte apresentaram significância estatística (base Região Sudeste), indicando que as empresas das referidas regiões apresentam maior probabilidade de ecoinnovar. Por sua vez, a variável referente à presença de capital controlador estrangeiro (*capital*) não foi significativa. A literatura empírica apresentada indica que não há consenso sobre o papel das características de controle societário e locais na identificação dos determinantes da ecoinovação.

Em relação às variáveis de segundo nível (setor), somente a variável *expset* (intensidade de exportação setorial) não foi significativa. As variáveis intensidade tecnológica setorial (*pdset*) e concentração setorial (*concentra*) apresentaram relação positiva com a ecoinovação, enquanto a variável denominada diferenciação de produto (*difprod*) apresentou coeficiente negativo.

Em relação à variável *pdset*, a intensidade tecnológica é distribuída de forma heterogênea entre os setores produtivos (Pavitt 1984), o que também parece ocorrer com a ecoinovação; ou seja, os resultados indicam que os setores com maiores níveis de intensidade tecnológica estão mais propensos também a ecoinovarem. Esse resultado é corroborado pela análise de Horbach (2008), ao argumentar que as empresas pertencentes a setores com alta intensidade tecnológica são mais propensas a inovar, seja em inovação ambiental ou convencionais.

A justificativa para a relação positiva entre a variável *concentra* e os diferentes níveis de ecoinovação encontra respaldo no tamanho da empresa, mais precisamente, firmas maiores, e que estão inseridas em um mercado mais con-

centrado, tendem a inovar mais pelo fato da concorrência nestes mercados ocorrerem por diferenciação de produto. Especificamente, as exigências do mercado consumidor por produtos sustentáveis e, conseqüentemente, a percepção da imagem da empresa perante esse consumidor reforçam que a diferenciação de produto deve ser proveniente de inovações que também reduzam o impacto no meio ambiente. Adicionalmente, o argumento financeiro também é válido, uma vez que empresas maiores, pertencentes a setores mais concentrados, dispõem de mais recursos para investimento inovativo. Tais resultados são coerentes com os achados de Frondel et al. (2007) e Kammerer (2009) e os aspectos teóricos desenvolvidos por Schumpeter (1984).

Por fim, a variável relacionada à proporção de empresas no setor que realiza inovação de produto (*difprod*) apresentou relação negativa com as diferentes intensidades de ecoinovação, indicando que inovar em produto nem sempre garante ganhos ambientais. Uma explicação para tal resultado é o fato das inovações em produto prezarem mais pela inserção do produto no mercado do que por uma gestão produtiva sustentável. Por sua vez, a inovação de processo tem interesse primal na eficiência produtiva, sendo, portanto, a redução dos impactos ambientais mais perceptível por meio de melhorias no próprio processo de produção (as ecoinovações aditivas e integradas) (Andersen 2008).

De modo geral, os resultados encontrados sobre os determinantes da ecoinovação brasileira para o período analisado estão em concordância com os resultados de destacados trabalhos empíricos, nacionais e internacionais. Os resultados corroboram a máxima de que as ecoinovações estão associadas tanto a características individuais da firma quanto às especificidades setoriais, ou seja, os diferentes padrões de inovação setoriais existentes atuam como direcionadores da atividade ecoinovativa.

5 Considerações finais

O objetivo principal deste trabalho consistiu na análise, através da metodologia *logit* ordenado multinível, dos determinantes da ecoinovação, em suas diferentes intensidades, na atual estrutura industrial brasileira. A análise englobou tanto características específicas das firmas como também aspectos setoriais.

Os resultados indicaram a importância das heterogeneidades setoriais na probabilidade das empresas ecoinovarem, além dos fatores individuais das firmas. A nível da empresa, as variáveis intensidade da exportação, apoio do governo, intensidade de P&D, fontes de informação (interna e externa), pessoal ocupado e produtividade foram significativas e positivamente relacionadas aos níveis de ecoinovação.

Já a variável capacitação tecnológica apresentou relação negativa e estatisticamente significativa, o que contrariou as expectativas que indicavam uma relação positiva entre qualificação pessoal e a probabilidade em ecoinnovar. Contudo, possivelmente, tal resultado indicou a dificuldade em captar os aspectos qualitativos e de adequabilidade da formação para as atividades da empresa. Dessa forma, esse resultado pode ser indício de um dos gargalos do desenvolvimento produtivo brasileiro: a adequada qualificação para o mercado de trabalho.

Em relação ao segundo nível, as variáveis intensidade tecnológica setorial e concentração setorial apresentaram relação positiva com a ecoinovação, enquanto a variável denominada diferenciação de produto apresentou coeficiente negativo. Esses resultados são condizentes com a literatura empírica e teórica sobre a temática, reforçando a importância das características setoriais no desenvolvimento das ecoinovações.

Dessa forma, os resultados obtidos permitem concluir que a adoção de ecoinovações é setorialmente heterogênea e depende tanto das características dos setores quanto das firmas, evidenciando o caráter complexo e sistemático do processo ecoinovativo. Da teoria evolucionária, observa-se o papel das características setoriais e dos investimentos em P&D como determinantes para a ecoinovação na indústria de transformação brasileira. Já da corrente neoclássica, os destaques são os fatores relacionados ao mercado (*market pull*), com ênfase para os fluxos informacionais e os mercados em que a empresa está inserida. Tais resultados ganham ainda mais relevância ao pautar variáveis que podem servir de base para a construção de políticas industriais direcionadas à redução de danos ambientais.

Nesse sentido, o fortalecimento de ações de P&D, os investimentos públicos tanto no financiamento de pesquisas quanto na difusão de estratégias ecoinovativas, a maior relação entre instituições de pesquisa e ensino com as empresas e instrumentos regulatórios específicos podem contribuir para se ter um setor industrial mais aberto a práticas eficientes de gestão ambiental.

Acredita-se, ainda, que deve haver avanços no processo de conhecimento das práticas inovativas e ecoinovativas nas empresas brasileiras. Nessa perspectiva, sugere-se que a PINTEC amplie e especifique os questionamentos sobre a adoção de ecoinovações e seus determinantes, caracterizando seus tipos e estabelecendo um conjunto de dados mais realista da ecoinovação na indústria brasileira.

Em síntese, acredita-se que este trabalho contribui para o debate acerca dos determinantes da ecoinovação nos processos produtivos industriais do Brasil, ao propor estratégias que garantam um desenvolvimento industrial sustentável. Espera-se, ainda, que extensões futuras deste trabalho englobem a análise longitudinal dos dados, a fim compreender a dinâmica da ecoinovação ao longo do tempo, seja em períodos de crescimento expressivo ou recessão econômica.

Referências Bibliográficas

- Albornoz, F., Cole, M. A., Elliott, R. J. & Ercolani, M. G. (2009), 'In search of environmental spillovers', *The World Economy* 32(1), 136–163.
- Almeida, R. & Fernandes, A. M. (2008), 'Openness and technological innovations in developing countries: evidence from firm-level surveys', *The Journal of Development Studies* 44(5), 701–727.
- Alperstedt, G. D., Quintella, R. H. & Souza, L. R. (2010), 'Estratégias de gestão ambiental e seus fatores determinantes: uma análise institucional', *Revista de Administração de Empresas* 50(2), 170–186.
- Andersen, M. M. (2008), 'Eco-innovation—towards a taxonomy and a theory'. *in 25th celebration DRUID conference - Annals*, Copenhagen: DRUID.

- Antonioli, D. & Mazzanti, M. (2009), 'Techno-organisational strategies, environmental innovations and economic performances. Microevidence from an SME-based industrial district', *Journal of Innovation Economics & Management* 3(1), 145–168.
- Araújo, B. C. (2012). *Políticas de apoio à inovação no Brasil: uma análise de sua evolução recente*, Brasília: IPEA. (Texto para Discussão TD1759).
- Arrow, K. J. (1962), 'Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention'. in Rowley, C. K., ed., *Readings in Industrial Economics*, London: Palgrave, pp. 219–236.
- Arundel, A., Kemp, R. & Parto, S. (2007), 'Indicators for Environmental Innovation: what and how to measure'. in Marinova, D., Annandale, D. & Philimore, J., eds., *International Handbook on Environment and Technology Management*, Cheltenham: Edward Elgar.
- Avellar, A. P. M., Britto, J. N. P. & Stallivieri, F. (2012), 'Capacitação inovativa e produtividade na indústria brasileira: evidências da diversidade inter-setorial', *Economia e Sociedade* 21(2), 301–343.
- Barbieri, N., Ghisetti, C., Gilli, M., Marin, G. & Nicolli, F. (2016), 'A survey of the literature on environmental innovation based on main path analysis', *Journal of Economic Surveys* 30(3), 596–623.
- Bernauer, T., Engel, S., Kammerer, D. & Nogareda, J. S. (2007), 'Explaining green innovation: ten years after Porter's win-win proposition: how to study the effects of regulation on corporate environmental innovation?', *Politische Vierteljahresschrift* 39(1), 323–341.
- Berrone, P., Fosfuri, A., Gelabert, L. & Mejia, L. R. G. (2013), 'Necessity as the mother of 'green' inventions: Institutional pressures and environmental innovations', *Strategic Management Journal* 34(8), 891–909.
- Brito, S. D. C. & Aguiar, A. O. (2014), 'A relação entre o desenvolvimento de produtos verdes e as estratégias ambientais – o caso de uma empresa multinacional do setor de produtos eletroeletrônicos', *Revista de Administração e Inovação* 11(4), 287–309.
- Brundtland, G. H. (1988), *Nosso futuro comum*, Technical report, Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas.
- Brunnermeier, S. B. & Cohen, M. A. (2003), 'Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries', *Journal of Environmental Economics and Management* 45(2), 278–293.
- Cai, W. G. & Li, G. (2018), 'The drivers of eco-innovation and its impact on performance: Evidence from China', *Journal of Cleaner Production* 176, 110–118.
- Cai, W. G. & Zhou, X. L. (2014), 'On the drivers of eco-innovation: Empirical evidence from China', *Journal of Cleaner Production* 79, 239–248.
- Cainelli, G., Mazzanti, M. & Montresor, S. (2012), 'Environmental innovations, local networks and internationalization', *Industry and Innovation* 19(8), 697–734.

Campos, B. & Ruiz, A. U. (2009), 'Padrões setoriais de inovação na indústria brasileira', *Revista Brasileira de Inovação* 8(1), 167–210.

Carvalho, F., Savaget, P. & Arruda, C. (2013), 'Regulações como fator determinante de eco-inovações no Brasil', Anais. Rio de Janeiro: Redesist, Rio de Janeiro – RJ. in *Conferência Internacional LALICS 2013 - Sistemas Nacionais de Inovação e Políticas de CTI para um Desenvolvimento Inclusivo e Sustentável - Anais*. Rio de Janeiro: Redesist.

Cassiolato, J. E. & Lastres, H. M. M. (2005), 'Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política', *São Paulo em Perspectiva* 19(1), 34–45.

Cohen, W. M. & Levinthal, D. A. (1989), 'Innovation and learning: the two faces of R & D', *The Economic Journal* 99(397), 569–596.

Cole, M. A., Elliott, R. J. & Shimamoto, K. (2006), 'Globalization, firm-level characteristics and environmental management: A study of Japan', *Ecological Economics* 59(3), 312–323.

Costanza, R., D'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B. & Raskin, R. G. (1997), 'The value of the world's ecosystem services and natural capital', *Nature* 387(6630), 253–260.

Costanza, R., D'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B. & Van Den Belt, M. (1998), 'The value of ecosystem services: putting the issues in perspective', *Ecological Economics* 25, 67–72.

Daily, G. (1997), *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*, Washington, DC: Island Press.

Daily, G. C., Soderqvist, T., Aniyar, S., Arrow, K., Dasgupta, P., Ehrlich, P. R. & Levin, S. (2000), 'The value of nature and the nature of value', *Science* 289(5478), 395–396.

Del Rio, P., Romero Jordán, D. & Peñasco, C. (2015), 'Analysing firm-specific and type-specific determinants of eco-innovation', *Technological and Economic Development of Economy* 23(2), 270–295.

Del Río, P., Peñasco, C. & Romero Jordán, D. (2016), 'What drives eco-innovators? A critical review of the empirical literature based on econometric methods', *Journal of Cleaner Production* 112(4), 2158–2170.

Demirel, P. & Kesidou, E. (2011), 'Stimulating different types of eco-innovation in the UK: Government policies and firm motivations', *Ecological Economics* 70(8), 1546–1557.

Diniz, M. J., Diniz, M. & Oliveira Junior, J. N. (2010), 'A introdução de inovações ambientais afeta o desempenho da indústria? Um estudo empírico para o Polo Industrial de Manaus (2000-2006)'. in V Encontro Nacional da ANPPAS - Anais. São Paulo: ANPPAS.

Dosi, G. (1982), 'Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change', *Research Policy* 11(3), 147–162.

- Dosi, G. (1984), *Technical change and industrial transformation: the patterns of industrial dynamics*, London: Macmillan.
- Dosi, G. (1988), 'Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation', *Journal of Economic Literature* 26(3), 1120–1171.
- Dosi, G. & Marengo, L. (1994), 'Some elements of an evolutionary theory of organizational competences'. in Richard, W. E., ed., *Evolutionary concepts in contemporary economics*, Ann Arbor: University of Michigan Press, pp. 157–178.
- Ene, M., Leighton, E. A., Blue, G. L. & Bell, B. A. (2015), *Multilevel Models for Categorical Data using SAS® PROC GLIMMIX: The Basics*. Columbia: USC. (Paper 3430-2015).
- Farber, S. C., Costanza, R. & Wilson, M. A. (2002), 'Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services', *Ecological Economics* 41(3), 375–392.
- Ferraz, C. & Serôa da Motta, R. (2002). *Regulação, Mercado ou Pressão Social? Os determinantes do investimento ambiental na indústria*. Brasília: IPEA. (Texto para Discussão TD 0863).
- Freeman, C. (1974), Innovation and the strategy of the firm. in Freeman, C., *The Economics of Industrial Innovation*. Harmondsworth: Penguin Books, pp. 224–288.
- Freeman, C. (1984), 'Inovação e ciclos longos de desenvolvimento econômico', *Ensaio FEE* 5(1), 5–20.
- Freeman, C. (1995), 'The 'National System of Innovation' in historical perspective', *Cambridge Journal of Economics* 19(1), 5–24.
- Freire, P. A. (2018), 'Enhancing innovation through behavioral stimulation: The use of behavioral determinants of innovation in the implementation of eco-innovation processes in industrial sectors and companies', *Journal of Cleaner Production* 170, 1677–1687.
- Friedman, B. M. (2006), 'The moral consequences of economic growth', *Society* 43(2), 15–22.
- Frondel, M., Horbach, J. & Rennings, K. (2007), 'End-of-pipe or cleaner production? An empirical comparison of environmental innovation decisions across OECD countries', *Business Strategy and the Environment* 16(8), 571–584.
- Fussler, C. & James, P. (1996), *Driving Eco-Innovation: a breakthrough discipline for innovation and sustainability*, London: Pitman.
- Fávero, L. P. & Belfiore, P. (2017), *Manual de análise de dados – Estatística e Modelagem Multivariada com Excel, SPSS e Stata*, Rio de Janeiro: Elsevier.
- Galliano, D. & Nadel, S. (2012). *The determinants of eco innovative performance according to firms' strategic profiles: The case of French Industrial Firms*, Cambridge: DRUID Academy.

Ghisetti, C., Marzucchi, A. & Montresor, S. (2015), 'The open eco-innovation mode. An empirical investigation of eleven European countries', *Research Policy* 44(5), 1080–1093.

Grilli, L. & Rampichini, C. (2007), 'A multilevel multinomial logit model for the analysis of graduates' skills', *Statistical Methods & Applications* 16(3), 381–393.

Groot, R. S., Wilson, M. A. & Boumans, R. M. J. (2002), 'A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services', *Ecological Economics* 41(3), 393–408.

Grossman, G. M. & Krueger, A. B. (1995), 'Economic Growth and the Environment', *The Quarterly Journal of Economics* 110(2), 353–377.

Hoff, D. N., Avellar, A. P. & Andrade, D. C. (2016), 'Eco-inovação nas empresas brasileiras: investigação empírica a partir da PINTEC', *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 26, 73–87.

Hojnik, J. & Ruzzier, M. (2016), 'What drives eco-innovation? A review of an emerging literature', *Environmental Innovation and Societal Transitions* 19, 31–41.

Horbach, J. (2008), 'Determinants of environmental innovation - New evidence from German panel data sources', *Research Policy* 37(1), 163–173.

Horbach, J. (2014a), 'Determinants of Eco-innovation from a European-wide Perspective - an analysis based on the Community Innovation Survey (CIS)', 7. Ferrara: SEEDS. (Working Paper 07/2014).

Horbach, J. (2014b), 'Do eco-innovations need specific regional characteristics? An econometric analysis for Germany', *Review of Regional Research* 34(1), 23–38.

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* 78, 112–122.

Hueting, R., Reijnders, L., De Boer, B., Lambooy, J. & Jansen, H. (1998), 'The concept of environmental function and its valuation', *Ecological Economics* 25(1), 31–35.

IBGE (2010), Pesquisa de Inovação 2008, Rio de Janeiro: Ibge. (technical report).

IBGE (2013), Pesquisa de Inovação 2011, Rio de Janeiro: Ibge. (technical report).

IBGE (2016), Pesquisa de Inovação 2014, Rio de Janeiro: Ibge. (technical report).

Jaffe, A. B. & Palmer, K. (1997), 'Environmental regulation and innovation: a panel data study', *Review of Economics and Statistics* 79(4), 610–619.

- Kammerer, D. (2009), 'The effects of customer benefit and regulation on environmental product innovation.: Empirical evidence from appliance manufacturers in Germany', *Ecological Economics* **68**(8-9), 2285–2295.
- Kemp, R. & Pearson, P. (2008), *Final report MEI project about measuring ecoinnovation: Deliverable 15 of MEI project (D15)*, Paris: Oecd. (project report).
- Kemp, R. & Soete, L. (1992), 'The Greening of Technological Progress: an evolutionary perspective', *Futures* **24**(5), 437–457.
- Leite, P. R. (2009), *Logística Reversa: meio ambiente e competitividade. 2 ed*, São Paulo: Prentice Hall.
- Li, Y. (2014), 'Environmental innovation practices and performance: Moderating effect of resource commitment', *Journal of Cleaner Production* **66**, 450–458.
- Limburg, K. E. & Folke, C. (1999), 'The ecology of ecosystem services: introduction to the special issue', *Ecological Economics* **29**, 179–182.
- Lin, H., Zeng, S. X., Ma, H. Y., Qi, G. Y. & Tam, V. W. Y. (2014), 'Can political capital drive corporate green innovation? Lessons from China', *Journal of Cleaner Production* **64**, 63–72.
- Linder, J. C., Jarvenpaa, S. & Davenport, T. H. (2003), 'Toward an innovation sourcing strategy', *MIT Sloan Management Review* **44**(4), 43–49.
- Llopis, E. J. & Blasco, A. S. (2018), 'Eco-innovation strategies: A panel data analysis of Spanish manufacturing firms', *Business Strategy and the Environment* **27**(8), 1209–1220.
- Lucchesi, A., Cole, M. A., Elliot, J. R. R. & Menezes Filho, N. A. (2014), 'Determinants of Environmental Innovation in Brazilian Manufacturing Industries'. in *XLII Encontro Nacional de Economia - Anais*. Brasília: ANPEC.
- Lundvall, B. A. (1992), *National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*, London: Pinter.
- Lustosa, M. C. (2002), *Meio Ambiente, Inovação e Competitividade na Indústria Brasileira: A Cadeia Produtiva do Petróleo*, PhD thesis, Rio de Janeiro: UFRJ. (Tese de Doutorado em Economia).
- Malerba, F. (1992), 'Learning by firms and incremental technical change', *The Economic Journal* **102**(413), 845–859.
- Marchi, V. (2012), 'Environmental innovation and R&D cooperation: Empirical evidence from Spanish manufacturing firms', *Research Policy* **41**(3), 614–623.
- Marcovitch, J. (2006), *Para mudar o futuro: mudanças climáticas, políticas públicas e estratégias empresariais*, São Paulo: EDUSP.
- Marta, F. S., Carvalho, P. G. M., Silva, D. B. & Barcellos, F. C. (2011), 'Investimento em controle ambiental no Brasil: fatores determinantes a partir da modelagem estatística'. in *39º Encontro Nacional de Economia - Anais*, Brasília: ANPEC.

- Mation, L. F. (2014), 'Comparações internacionais de produtividade e impactos do ambiente de negócios'. in De Negri, F. & Cavalcante, L. R., eds., *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes*, Brasília: IPEA, p. 173-198.
- Mazzanti, M. & Zoboli, R. (2006). *Examining the Factors Influencing Environmental Innovations*, Milano: FEEM. (Working Paper 20.2006).
- Nelson, R. R. & Winter, S. G. (1977), 'In search of a useful theory of innovations', *Research Policy* **6**(1), 36–76.
- Nelson, R. R. & Winter, S. G. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Oliveira, C. A., Carvalho, F. P. & Dutra, H. D. (2012), 'Eco-Inovações em Empresas Brasileiras: Determinantes e Resultados'. in *XXVII Simpósio de Gestão da Inovação tecnológica - Anais*. Rio de Janeiro: ANPAD.
- Oltra, V. (2008). *Environmental Innovation and Industrial Dynamics: the contributions of evolutionary economics*, Pessac: GREThA. (Cahiers du GREThA 2008-28).
- O'Connell, A. A. (2010), 'An illustration of multilevel models for ordinal response data'. in C. Reading (Ed.), *Data and context in statistics education: Towards an evidence-based society. Proceedings of the Eighth International Conference on Teaching Statistics (ICOTS8, July, 2010), Ljubljana, Slovenia*. Voorburg: International Statistical Institute.
- Pacheco, D. A. J., Carla, S., Jung, C. F., Ribeiro, J. L. D., Navas, H. V. G. & Machado, V. A. C. (2017), 'Eco-innovation determinants in manufacturing SMEs: Systematic review and research directions', *Journal of Cleaner Production* **142**, 2277–2287.
- Patterson, M. G. (2002), 'Ecological production based pricing of biosphere processes', *Ecological Economics* **41**(3), 457–478.
- Pavitt, K. (1984), 'Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory', *Research Policy* **13**(6), 343–373.
- Pinsky, V. & Kruglianskas, I. (2017), 'Inovação tecnológica para a sustentabilidade: aprendizados de sucessos e fracassos', *Estudos Avançados* **31**(90), 107–126.
- Porter, M. E. & Linde, C. V. D. (1995), 'Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship', *Journal of Economic Perspectives* **9**(4), 97–118.
- Queiroz, J. M. & Podcameni, M. G. V. B. (2014), 'Estratégia inovativa das firmas brasileiras: convergência ou divergência com as questões ambientais?', *Revista Brasileira de Inovação* **13**(1), 187–224.
- Rabêlo, O. S. & Melo, A. S. S. A. (2018), 'Drivers of multidimensional eco-innovation: empirical evidence from the Brazilian industry', *Environmental Technology* **39**, 1–11.
- Raudenbush, S. W. & Bryk, A. S. (2002), *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods. 2 ed*, Newbury Park: Sage.

Rehfeld, K., Rennings, K. & Ziegler, A. (2007), 'Integrated product policy and environmental product innovations: An empirical analysis', *Ecological Economics* **61**(1), 91–100.

Rennings, K. (2000), 'Redefining innovation – eco-innovation research and the contribution from ecological economics', *Ecological Economics* **32**(1), 319–332.

Rexhäuser, S. & Rammer, C. (2011), *ZEW Discussion Paper. ZEW (Centre for European Economic Research) . Unmasking the Porter hypothesis: Environmental innovations and firm-profitability*, Mannheim: ZEW. (ZEW Discussion Paper 11-036).

Rogers, M. (2004), 'Networks, firm size and innovation', *Small Business Economics* **22**(2), 141–153.

Rosenberg, N. (1982), *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge: Cambridge University Press.

Salim, N., Rahman, M. N. A. & Wahab, D. A. (2019), 'A systematic literature review of internal capabilities for enhancing eco-innovation performance of manufacturing firms', *Journal of Cleaner Production* **209**, 1445–1460.

Schumpeter, J. A. (1961), *Teoria do desenvolvimento econômico*, Rio de Janeiro: Fundo de Cultura.

Schumpeter, J. A. (1984), 'O processo de destruição criadora'. in Schumpeter, J. A. *Capitalismo, socialismo e democracia*. Rio de Janeiro: Zahar, cap. 7.

Scott, J. T. (2003), *Environmental Research and Development: US Industrial Research, the Clean Air Act, and Environmental Damage*, Northampton: Edward Elgar.

Serôa da Motta, R. (2006), 'Analyzing the environmental performance of the Brazilian industrial sector', *Ecological Economics* **57**(2), 269–281.

Severo, E. A., Guimarães, J. C. F., Dorion, E. C. H. & Nodari, C. H. (2015), 'Cleaner production, environmental sustainability and organizational performance: an empirical study in the Brazilian Metal-Mechanic industry', *Journal of Cleaner Production* **96**, 118–125.

Solow, R. M. (1974), 'The Economics of Resources or the Resources of Economics', *The American Economic Review* **64**(2), 1–14.

Solow, R. M. (1986), 'On the intergenerational allocation of natural resources', *The Scandinavian Journal of Economics* **88**(1), 141–149.

STATA (2015), *Stata: Release 14. Statistical Software*. College Station, TX: StataCorp LP.

Sukhdev, P. (2008), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity - An Interim Report*, Technical report, Geneva: TEEB.

Testa, F. & Iraldo, F. (2010), 'Shadows and lights of GSCM (Green Supply Chain Management): Determinants and effects of these practices based on a multi-national study', *Journal of Cleaner Production* **18**(10-11), 953–962.

Triguero, A., Mondéjar, L. M. & Davia, M. A. (2013), 'Drivers of different types of eco-innovation in European SMEs', *Ecological Economics* **92**, 25–33.

Veugelers, R. (2012), 'Which policy instruments to induce clean innovating?', *Research Policy* **41**(10), 1770–1778.

Wagner, M. (2008), 'Empirical influence of environmental management on innovation: evidence from Europe', *Ecological Economics* **66**(2-3), 392–402.

Xavier, A. F., Naveiro, R. M., Aoussat, A. & Reyes, T. (2017), 'Systematic literature review of eco-innovation models: Opportunities and recommendations for future research', *Journal of Cleaner Production* **149**, 1278–1302.