

TÍTULO: INOVAÇÃO CONVENCIONAL E INOVAÇÃO AMBIENTAL: uma análise empírica sobre a indústria de transformação de Minas Gerais

AUTOR(ES): Maria Alice Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Emerson Costa dos Santos – Universidade Estadual de Montes Claros
Maria Ivanilde Pereira Santos – Universidade Estadual de Montes Claros

RESUMO: O objetivo do trabalho foi identificar possíveis heterogeneidades dos determinantes em relação à decisão das firmas da indústria de transformação de Minas Gerais em realizar inovações convencionais e/ou inovações ambientais. Para tanto, utilizou-se um modelo *probit* bivariado para captar o grau de relevância de cada determinante da adoção desses dois tipos de inovação. A base de dados utilizada foi proveniente da Pesquisa de Inovação Tecnológica para o período de 1998 a 2011. De modo geral, concluiu-se que a regulação ambiental é o principal determinante para impulsionar a inovação ambiental, influenciando em uma produção mais limpa com redução de impactos ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Inovação, Meio Ambiente, Indústria, Minas Gerais

ÁREA TEMÁTICA: 2. Teoria Econômica e Economia Aplicada

1 INTRODUÇÃO

A questão da mudança dos padrões insustentáveis de produção e consumo que geram grandes impactos sobre a utilização dos recursos naturais disponíveis no mundo é foco de intenso debate atual. Para uma melhor atuação do ser humano para minimizar os efeitos ambientais desses padrões, novas perspectivas socioeconômicas, tecnológicas, políticas e ambientais devem estar em consonância com as discussões desenvolvidas para melhorar a qualidade de vida da sociedade. Assim, a busca de alternativas que reduzam as pressões ambientais e atendam às necessidades básicas da humanidade são objetivos a serem atingidos por todos que estão comprometidos com a questão ambiental.

A partir do final da década de 1980 e na década de 1990, a questão ambiental ganhou espaço no debate acadêmico, governamental e também nas preocupações sociais das empresas brasileiras ao perceber o crescente interesse e preocupação da sociedade com o meio ambiente. Metas ambientais passaram a ser definidas em convenções globais como as de Montreal (1987), Rio de Janeiro (1992) e Kyoto (1997). A meta do desenvolvimento sustentável ganhou comprometimento global, vinte anos após a reunião em Estocolmo, na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92) que foi convocada a partir do reconhecimento de que os padrões de produção e consumo, principalmente nos países desenvolvidos, haviam alcançado níveis insustentáveis, colocando em risco a estabilidade de diversos bens e serviços ambientais que garantem tanto a continuidade das atividades produtivas como a própria qualidade de vida (PNUMA, 2005).

Na conferência Rio-92, estabeleceu-se a Agenda 21, uma ação global para o século XXI, com uma visão de longo prazo para equilibrar necessidades econômicas e sociais com os recursos naturais do planeta. Desde então, setores da sociedade iniciaram um processo de adoção de políticas impondo requisitos ambientais a inúmeras atividades econômicas e a demanda por produtos ambientalmente menos agressivos cresceu em paralelo. Os padrões internacionais de eficiência ambiental se elevaram gradativamente e algumas instituições passaram a atrelar financiamentos de projetos aos resultados de avaliações ambientais (UNITED NATIONS, 1992). Desse modo, crescentes exigências do mercado, pressões dos consumidores e competitividade entre as empresas fazem com que a adoção de princípios ambientais torne-se condição necessária à sobrevivência das empresas.

Nesse período, surge o conceito de inovação ambiental ou *eco-innovation* que segundo Kemp e Pearson (2008) é resultante da inovação com base no Manual de Oslo com a adição do fator ambiental. Assim, a “eco-inovação” é a produção, assimilação e exploração de um produto e/ou processo, serviços ou gestão, método que é novo para a organização e que resulta, ao longo de seu ciclo de vida, na redução de poluição e outros efeitos negativos da utilização dos recursos, em comparação com alternativas relevantes. Portanto, a inovação ambiental é basicamente uma inovação que reduz ou elimina impactos ambientais causados pela firma, sendo esse em âmbito local ou global e a inovação pode ser desenvolvida de maneira intencional e premeditada pela empresa ou acidental.

Dentre as diferentes organizações envolvidas com a questão ambiental, as empresas desempenham um papel importante, uma vez que seu produto alcança diretamente a população influenciando no seu consumo. Entretanto, o setor industrial é um dos que mais provoca danos ao meio ambiente, seja por seus processos produtivos ou pela fabricação de produtos poluentes e/ou que tenham problemas de disposição final após sua utilização (PORTER e LINDE, 1995). Por esse motivo, a adequação dos padrões de produção para a minimização de impactos ambientais se torna de fundamental importância – seja por pressões externas da população, dos investidores, organizações não governamentais que passaram a exigir das empresas soluções para o controle da poluição, desmatamento e degradação, e responsabilidade pelos seus processos de produção; ou internas, quando ocorre a percepção por parte dos agentes de que essas tecnologias favorecem os lucros.

O Estado de Minas Gerais, em particular, se especializou, desde a década de 1970, em atrair indústrias sujas e mais intensivas no uso de recursos naturais. O crescimento de tais indústrias na região estava ligado ao tipo de inserção brasileira na nova divisão internacional do trabalho onde os países periféricos tornaram-se atraentes para a instalação de indústrias que exercem fortes impactos no meio ambiente, com consequências para a qualidade ambiental e de vida local. Nesse contexto, em 1977, foi criada a Comissão de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais (COPAM), com

competência para definir a política de meio ambiente no Estado e o consequente repasse de recursos, no orçamento estadual, para as atividades de qualidade e de controle ambiental e sua implementação com evoluções na organização administrativa e orçamentária. A criação da COPAM, renomeada em 1988, como Conselho Estadual de Política Ambiental, constituiu-se no marco para início da implantação de políticas de meio ambiente no Estado (RIBEIRO, 2006).

Assim, Minas Gerais foi um dos estados pioneiros na implantação da legislação ambiental e a preocupação governamental com questões ambientais tornou-se mais evidente. Organizações públicas estaduais que se concentram na temática do meio ambiente se tornaram muito mais frequentes, podendo ser citada como exemplo a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) que é um dos órgãos seccionais de apoio do COPAM e atua vinculado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) (SERRANO e BARBIERI, 2008).

Por apresentar muitas características peculiares, tanto tem termos locais e infra-estruturais, bem como fisiográficos, com grande disponibilidade de recursos naturais e matérias-primas, o Estado de Minas Gerais concentra muitas empresas importantes para o desenvolvimento econômico e regional. Poucos estudos na literatura tem analisado, de forma específica, os efeitos da adoção de inovações ambientais por parte dessas empresas. Nesse sentido, o presente trabalho buscou identificar possíveis heterogeneidades entre os determinantes em relação à decisão da firma de realizar inovações convencionais¹ e inovações ambientais das firmas da indústria de transformação de Minas Gerais no período de 1998 a 2011.

A motivação do trabalho é contribuir de alguma maneira com o debate sobre a inovação ambiental e convencional das empresas mineiras, no que se refere à necessidade de identificar o que motiva as empresas de Minas Gerais a realizarem inovação que permita reduzir o impacto ambiental, de modo a possibilitar o desenvolvimento de políticas e estratégias mais sustentáveis. Para tanto, utilizou-se o método de estimativa *probit* bivariado, onde são incluídas no modelo duas variáveis dependentes binárias, e considera-se a possibilidade de existência de um fator endógeno que relaciona essas variáveis, de maneira que a escolha por uma determinada decisão pode afetar, de forma direta, a probabilidade da firma em se decidir pela outra opção. A hipótese sustentada pelo trabalho é que a regulação é um importante determinante para a adoção tanto de inovação ambiental quanto de inovação convencional.

Esse estudo está dividido em três seções, além dessa introdução e das conclusões. A seção 2 compreende a abordagem teórica e a conceituação de inovação ambiental. A seção 3 apresenta a metodologia e a fonte das variáveis utilizadas e a seção 4 analisa os resultados encontrados por meio de estatísticas descritivas e estimação econométrica.

2 TEORIA DA INOVAÇÃO E A INOVAÇÃO AMBIENTAL: visão neoclássica versus visão evolucionária

O enfoque neoclássico sobre a inovação se inicia pela função de produção, em que insumos como trabalho e capital ou outros recursos são transformados em produtos. Assim, várias combinações de fatores são tecnicamente viáveis e os agentes econômicos são movidos pela racionalidade substantiva, para os quais o comportamento das empresas é pré-determinado pelo princípio da maximização e supõe-se um perfeito conhecimento do mercado pelos agentes econômicos. Metodologicamente, o argumento centra em dois aspectos fundamentais: equilíbrio e análise estática. A análise de equilíbrio significa que o sistema econômico apenas ajusta-se às mudanças geradas externamente, sem alterar os seus parâmetros estruturais. Alcançar o equilíbrio significa que as forças econômicas que anteriormente causaram sua perturbação cessaram de produzir seus efeitos, não havendo tendência a mudanças; se estas ocorrem, não se devem a movimentos endógenos, mas de eventos estranhos a ela (WALRAS, 1983).

¹ Para distinguir os conceitos, o presente estudo define a inovação tecnológica como inovação “convencional” e essa terminologia será utilizada ao longo do trabalho.

Na teoria neoclássica tradicional, o foco de interesse permanece vinculado à teoria dos preços e alocação de recursos. A firma é vista como uma “caixa preta” que combina fatores de produção disponíveis no mercado para produzir produtos comercializáveis. A análise interna da firma não constitui uma questão relevante, pois em situação de concorrência perfeita e na ausência de progresso técnico, a firma teria pouca escolha a fazer (TIGRE, 2005).

Com base na vertente neoclássica da economia ambiental, a inovação é vista sob a perspectiva das falhas de mercado, particularmente em relação à produção de conhecimento, que se caracteriza por ser incerto, indivisível, assumir aspectos de bem público, apresentar externalidades e ausência de garantias de apropriabilidade, não havendo, assim, incentivos para que as firmas se desenvolvam qualquer tipo de inovação (LUNDVALL, 1988). Consequentemente, as inovações com enfoque ambiental fornecem além do efeito de *spillover* inerente às inovações, mais uma externalidade, ou seja, elas reduzem a carga ambiental, beneficiando a sociedade em geral a custos elevados. Rennings (2000) chamou essa característica de “efeito duplo de externalidade” indicando que se as inovações convencionais já sofrem desincentivos, então este problema é acentuado com as inovações ambientais. Nesta situação, a teoria neoclássica considera importante o papel da regulamentação ambiental, que de acordo com a teoria normativa de regulamentação (que visa explicar quando a regulamentação deve ocorrer), é introduzida a fim de forçar as firmas que causam degradação ambiental a internalizarem os custos da sua atividade.

Em relação à “dupla externalidade”, a adoção de inovações ambientais gera *spillovers* típicos da maioria das atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), que é a externalidade da própria criação de conhecimento e, além disso, podem produzir externalidade de redução de impactos sobre o meio ambiente. Beise e Rennings (2005) apontam que a “dupla externalidade” ocorre devido à dificuldade que o inovador enfrenta para se apropriar dos lucros originados de uma inovação se o conhecimento correspondente é facilmente acessado pelos concorrentes e se os benefícios ambientais gerados têm uma característica de “bem público”. Com isso, dado o elevado custo dessas tecnologias em comparação com as tradicionais e o baixo nível de apropriabilidade desses tipos de inovações, a consequência pode ser a redução dos incentivos que as firmas podem ter para investir em inovações ambientais.

Para esta teoria, a preservação do meio ambiente é custosa à empresa e prejudica a competitividade e, portanto, sua lucratividade. Esta era uma visão estática que partia da ideia de que tudo (tecnologia, produtos, processos, necessidades do consumidor, entre outros indicadores) se mantinha inalterado, a exceção da regulamentação ambiental, forçando assim, necessariamente, a causalidade: aumento dos custos, aumento dos preços e, consequentemente, perda de competitividade (PORTER e LINDE, 1995).

Com base nos pressupostos da teoria neoclássica, o que se observa é que não há preocupação em relação às especificidades setoriais ou das firmas, por exemplo, ao tratar a firma como agente individual, sem reconhecê-la como entidade coletiva, dotada de objetivos e regras diferenciadas. Assim, esta teoria se mostra limitada quando se busca estudar fenômenos complexos. Nesse contexto, em contraponto à visão neoclássica surge a teoria evolucionária.

Em contraponto, o enfoque evolucionário da firma vem sendo desenvolvido com grande vigor ao longo das décadas de 1970 e 1980, a partir de trabalhos pioneiros de Nelson e Winter (1977) e Dosi (1988) e surge de uma preocupação em se estabelecer um marco teórico alternativo à economia neoclássica, capaz de tratar de forma mais ampla o problema da mudança tecnológica. Trata-se, portanto, do que se pode chamar de “economia da mudança tecnológica” (DOSI, 1988) e que coloca a firma como elemento central na dinâmica capitalista.

O ponto inicial da teoria evolucionária está no abandono das premissas da teoria neoclássica de “racionalidade maximizadora”, “tendência de equilíbrio dos mercados” e “mecanismo de preço” como instrumento principal da concorrência entre firmas. Os evolucionários destacam o papel da inovação como determinante fundamental dos saltos de produtividade do sistema econômico e atribuem à ação da empresa privada, em busca do lucro, a função de agente propulsora da inovação. A teoria evolucionária insiste na necessidade de analisar a empresa como organização constituída por indivíduos distintos e com características cognitivas próprias. A diversidade leva à ideia de

racionalidade limitada dos agentes econômicos que possuem características diferenciadas, resultado de um processo de aprendizado acumulado ao longo do tempo (TIGRE, 2005).

Segundo os evolucionários, a firma realiza esforços inovativos para a introdução de novos produtos e processos, assim como inovações organizacionais, com a finalidade de buscar vantagens competitivas. Em caso de sucesso da inovação, a firma pode dispor de um lucro (extraordinário) de monopólio, mesmo que temporário. O processo de difusão tecnológica tende a reduzir os lucros extraordinários advindos da inovação (DOSI, 1988). As firmas inovadoras, por sua vez, reagem à perda de lucros ou à ameaça de perda de lucro buscando outras inovações.

As mudanças tecnológicas na direção de inovações que reduzem o impacto sobre o meio ambiente podem ocorrer na trajetória tecnológica, definida como um padrão de processo tecnológico por meio da solução incremental que ocorrem dentro de *trade-offs* econômicos e tecnológicos definidos por um paradigma tecnológico. À medida em que um paradigma se difunde ele cria uma trajetória, associada com o desenvolvimento progressivo das oportunidades de inovação relacionadas a ele, e que determinarão a forma como as economias se transformarão ao longo dos anos (DOSI, 1988). Assim, as inovações ambientais podem gerar uma mudança tecnológica que seja voltada à sustentabilidade. Caso sejam incorporadas de forma significativa no processo de desenvolvimento econômico, o meio ambiente pode se tornar um elemento importante na reconfiguração de um novo paradigma tecno-econômico “verde” (FREEMAN, 1996).

Portanto, dadas as premissas da teoria evolucionária apresentadas, esta teoria apresenta-se como um referencial teórico consistente para abordar as questões que envolvem tecnologia e meio ambiente, pois trata o sistema econômico como inerentemente dinâmico e evolutivo baseado em um processo constante de inovação tecnológica, organizacional e institucional. Entretanto, cabe ressaltar que pressupostos dos modelos neoclássicos são mais complacentes com os dados geralmente disponíveis, de modo que eles se mostram adequados para uma introdução ao tema, embora apresentem limitações para tratar de estudos de fenômenos complexos.

2.1 Conceituação da Inovação Ambiental

A inovação tecnológica tem sido definida como “a introdução de novos produtos, processos ou serviços para o mercado” (UNCTAD, 2006, p. 10). O Manual de Oslo apresentou uma definição mais ampla, segundo a qual a inovação é a implementação de um produto e/ou processo novo ou significativamente melhorado (bem ou serviço), um novo método de *marketing* ou organizacional nas práticas de negócios (OECD, 2005). Esta definição incorpora a difusão de tecnologia ao realçar que uma inovação não precisa ser nova para o mercado para ser qualificada como tal, basta que seja nova para a empresa que a implementa (OZUSAGLAM, 2012).

A inovação convencional pode ser classificada de formas distintas com base em diferentes dimensões, sendo uma delas a distinção entre inovação incremental e radical. A inovação radical está relacionada ao desenvolvimento de um novo produto, processo ou forma de organização da produção inteiramente nova, ou seja, quando acontece um salto na tecnologia do produto e/ou processo. Já a inovação incremental associa-se à introdução de qualquer espécie de melhoria em produto, processo ou organização da produção sem qualquer mudança significativa na estrutura industrial, podendo resultar no aumento da produtividade e da qualidade, redução de custos e na maior abrangência das aplicações de um produto ou processo (CASSIOLATO e LASTRES, 2005).

Outra dimensão é a inovação ambiental ou a “eco-inovação”, que muitas vezes é apresentada como uma forma específica de inovação. Esse conceito é recente na literatura com conceito inicial apresentado por Fussler e James (1996), que definiram as “eco-inovações” como novos produtos e processos que proporcionam valor ao consumidor e aos negócios, mas que significativamente reduzam os impactos ambientais. Assim, uma vez que este termo foi posto em debate, várias definições têm sido propostas na literatura. No entanto, a literatura apresenta uma divisão fundamental nos critérios que definem a inovação ambiental, de modo que enquanto alguns estudos consideram uma definição ampla de inovação ambiental focada no desempenho e, portanto, um

possível subproduto da inovação convencional; outros estudos consideram a definição mais restrita com base em um objetivo *a priori* de redução de impactos ambientais.

A inovação ambiental pode ser definida como a introdução de novos procedimentos técnicos e organizacionais, no âmbito da produção industrial que levam à maior proteção do meio ambiente. Por sua vez, diversos autores [Arundel *et al.* (2007), Kemp e Pearson (2008) e Oltra (2008)] reiteram que grande parte das inovações tem impactos positivos no meio ambiente, independentemente das suas motivações *a priori*. Assim, os autores definem inovação ambiental de forma ampla: qualquer inovação que reduz os danos ambientais, que pode ser desenvolvida de maneira intencional e premeditada pela empresa ou mesmo acidental. Para a OCDE (2010), o âmbito da inovação ambiental pode ir além dos limites convencionais das empresas em inovar e envolver um regime social mais amplo que provoca alterações das normas sócio-culturais e estruturas institucionais.

O conceito de inovação ambiental apresentado inclui não apenas a inovação que visa reduzir os impactos ambientais, mas também casos em que a inovação convencional conduz a redução de impactos sem que isso seja um objetivo explícito. Nesse sentido, as inovações convencionais que têm efeito ambiental positivo, também são consideradas como “eco-inovações”. Como mencionado pela OCDE (2010), a “eco-inovação” pode ser motivada ambientalmente, mas também pode ocorrer como resultado de outros objetivos, tais como o cumprimento dos regulamentos e normas, aumento da produtividade e redução dos custos de entrada. De acordo com esta definição, uma inovação convencional deve também ser considerada como uma potencial “eco-inovação” (OZUSAGLAM, 2012).

A definição do “*Measuring Eco-Innovation*” Project (Projeto MEI, 2002-2006) adota a ideia de desempenho ambiental, ao invés de apontá-lo como o critério de definição fundamental. Assim, as “eco-inovações” não precisam ter um objetivo ambiental em qualquer fase de desenvolvimento ou utilização do produto/processo (SPEIRS *et al.*, 2008). Conforme o projeto MEI, o conceito de “eco-inovação” não deve ser limitado a novas ou melhores tecnologias ambientais, o que resulta na contabilização de cada produto ou serviço ambientalmente melhorado como uma “eco-inovação”. A justificativa para isto é que levar em conta apenas o objetivo de inovação limitaria muito o termo.

Os contribuintes para o projeto MEI reconhecem que a “eco-inovação” é suscetível de ocorrer de diversas formas em toda a economia (KEMP e PEARSON, 2008). Diante disso, é necessário fazer a distinção entre as inovações que terão um grande impacto positivo sobre o meio ambiente e aquelas que terão apenas um impacto limitado. Assim, embora o projeto MEI afirme que “uma empresa que adote um bem, serviço, gestão de processos de produção ou método de negócio com benefício ambiental é uma ‘eco-inovação’” (KEMP e PEARSON, 2008, p. 17), também reconhece a necessidade de distinguir quatro tipos de eco-inovadores: i) Eco-inovadores estratégicos são ativos em setores de eco-equipamentos e serviços, e/ou desenvolvimento de “eco-inovações” para venda para outras empresas; ii) Eco-adoptantes estratégicos implementam intencionalmente “eco-inovações”, sejam elas desenvolvidas dentro da empresa, adquiridas de outras empresas, ou ambos; iii) Eco-inovadores passivos não têm nenhuma estratégia específica para a “eco-inovação”, embora possam implementar acidentalmente inovações que resultam em benefícios ambientais; iv) Empresas que não são eco-inovadores e não desenvolvem nem tipo de inovação com benefícios ambientais.

Devido à natureza abrangente da definição da “eco-inovação” pelo projeto MEI, a distinção entre quatro tipos de eco-inovadores não é suficiente para captar a diversidade do conceito. É importante classificar as “eco-inovações”, de acordo com a natureza das inovações envolvidas. Outra classificação é proposta por Kemp e Foxon (2007) que distingue as “eco-inovações” entre: as tecnologias ambientais, inovações organizacionais para o meio ambiente, as inovações em produtos e processos que oferecem benefícios ambientais, o sistema de inovações verde e tecnologias de propósito geral.

As tecnologias ambientais ou limpas se referem às mudanças que ocorrem nos processos de produção, a fim de reduzir a emissão de poluentes ou diminuir o uso de recursos ou o consumo de energia (OOSTERHUIS, 2006). As inovações organizacionais para o meio ambiente se referem à introdução de métodos de organização e sistemas de gestão que tratam de questões ambientais encontradas no processo de produção. Teoricamente, a gestão ambiental deve garantir qualidade e

preservação do meio ambiente nos limites intra e interorganizacionais, revelando técnicas e procedimentos com potencial suficiente para a mitigação dos problemas no setor industrial (OZUSAGLAM, 2012). As inovações em produtos e processos que oferecem benefícios ambientais incluem todos os produtos novos ou ambientalmente melhorados, bem como serviços ambientalmente benéficos.

Kemp e Foxon (2007) definem o sistema de inovações verde como sistemas alternativos de produção e consumo que respeitam mais o ambiente do que os existentes. Esse sistema envolve um conjunto de mudanças nas tecnologias de produção, conhecimento, organização, instituições e infraestruturas e, possivelmente, mudanças no comportamento do consumidor, como por exemplo, agricultura biológica e energias renováveis. Já as tecnologias de propósito geral são parte importante do cenário tecnológico. Elas não são rotuladas como tecnologias completamente verdes, mas com certas configurações e tipos de usos ambientais, tais como a biotecnologia (KEMP e FOXON, 2007).

Em relação às inovações convencionais, a geração de inovação ambiental depende em grande medida dos benefícios recebidos pelo inovador. As inovações bem sucedidas devem fornecer maior valor ou reduzir custos e, em última análise, aumentar as receitas dos clientes existentes ou atrair novos clientes (CARRILLO-HERMOSILLA *et al.*, 2010). O inovador ambiental pode se beneficiar da sua atividade inovadora de forma direta ou indireta. Os benefícios diretos para uma “eco-inovação” consistem em vantagens operacionais, tais como redução de custos de uma maior produtividade dos recursos, melhor logística e vendas de comercialização. Benefícios indiretos incluem uma imagem melhor, melhores relações com fornecedores, clientes e autoridades, uma capacidade geral de inovação reforçada pelos contatos com os detentores de conhecimento, benefícios de saúde e segurança e maior satisfação do trabalhador. Assim, os benefícios indiretos que em sua maioria têm valor no longo prazo podem ser os condutores mais importantes para o comportamento verde proativo.

Nesse sentido, uma vez que os benefícios indiretos para a geração de inovação ambiental ocorrem no longo prazo e a mudança do padrão tecnológico é extremamente complexa, ela depende de muitas variáveis e, mesmo induzida por qualquer tipo de política não se sabe *a priori* todas as consequências que irão decorrer delas. Desse modo, o estudo da mudança tecnológica envolve diversos aspectos sendo um processo evolucionário. Ademais, a mudança tecnológica na direção da sustentabilidade ambiental depende de outros fatores não-econômicos, como desenvolvimento de capacidades específicas da firma, infraestrutura e mudanças institucionais.

3 METODOLOGIA

3.1 Base de Dados e Descrição de Variáveis

Para a implementação do modelo proposto foi utilizada a base de dados disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): a Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC), que coleta informações relevantes sobre inovação das empresas. As informações da PINTEC são divulgadas a partir da Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE versão 2.0.² A PINTEC é conduzida a cada 3 (três) anos, seguindo o Manual de Oslo (documento da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) que estabelece orientações para coleta e interpretação de dados de inovação na indústria) e recomendação da *Community Innovation Survey* (CIS).

Na construção dos dados em painel, utilizou-se cinco edições³ da PINTEC: PINTEC 2000 (referente ao período entre 1998 e 2000), PINTEC 2003 (referente ao período entre 2001 e 2003),

² O acesso aos microdados ocorreu mediante aprovação de projeto encaminhado ao IBGE, sob o número de processo 03605.001848/2015-20 para as bases da PINTEC de 1998 a 2011 que estavam disponíveis para o processo. A manipulação dos dados e as estimações foram feitas diretamente na sala de sigilo do IBGE.

³ Os microdados para o ano de 2014 não estavam disponíveis para o processo no momento da pesquisa, sendo possível utilizar apenas os dados disponibilizados no site da PINTEC para a análise descritiva das variáveis. Para maiores detalhes ver: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pintec/2014/default.shtm>

PINTEC 2005 (referente ao período entre 2003 e 2005), PINTEC 2008 (referente ao período entre 2006 e 2008) e PINTEC 2011 (referente ao período entre 2009 e 2011). Desse modo, foi possível criar um painel de 12 anos referente ao período de 1998 a 2011. Os modelos de regressão com dados em painel, são também chamados de dados combinados, por agregar uma combinação de séries temporais e de observações em corte transversal multiplicadas por T períodos de tempo. Nesse caso, há muito mais informação para se estudar o fenômeno e graus de liberdade adicionais. Pode-se destacar algumas vantagens dos dados em painel em relação ao uso específico do corte transversal ou das séries temporais (BALTAGI, 2001).

As variáveis extraídas dessas fontes podem ser vistas de forma sistemática no Quadro 1:

- A inovação ambiental está associada ao conceito amplo de inovação ambiental, ao considerar a inovação ambiental como um subproduto da inovação convencional. A variável inovação representa a inovação convencional e entra como variável dependente no modelo *probit* bivariado.
 - O gasto com atividades inovativas é representado pelo cálculo dos gastos em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D), o gasto em aquisição externa de P&D, aquisição de outros conhecimentos externos voltados para a inovação, aquisição de *software* voltado para a inovação, aquisição de máquinas e equipamentos voltados para a inovação e treinamento orientado ao desenvolvimento de produtos e processos novos diretamente ligados ao lançamento de um produto novo ou aperfeiçoado. A abrangência do investimento em atividades inovativas possui vantagem sobre o investimento em P&D usual, pois absorve um número maior de tipos de esforços inovativos por parte da empresa, uma vez que considera-se não somente as atividades inovadoras provenientes dos orçamentos formais das empresas, mas também uma variedade maior desses investimentos realizados pelas firmas.
 - Regulação ambiental, variável de caráter qualitativo, relacionada àquelas empresas que responderam que a inovação possibilitou o enquadramento em regulações e normas padrão relativas ao mercado interno ou externo com importância alta ou média; condição de gerenciamento da inovação por parte da firma é representada pela variável controle e gerenciamento, que abrange o gerenciamento formal (marcas) e informal (segredo industrial, complexidade do desenho do produto) visando atender normas de certificação; e técnicas de gestão que corresponde à informação de implementação de alguma técnica de gestão ambiental pela firma.
 - Arranjo cooperativo refere-se à firma que cooperou com outras empresas para o desenvolvimento de alguma inovação. A variável qualidade da mão de obra, relacionada ao fato da empresa possuir trabalhadores de nível superior nas atividades de P&D e de apoio do governo. A variável apoio do governo possui o valor unitário para aquelas empresas que participaram de algum programa governamental para as suas atividades inovativas. Esses programas podem ser de incentivos fiscais, de financiamentos para projetos de P&D ou para aquisição de máquinas e equipamentos para inovar, e de subvenção econômica a atividades de P&D e à inserção de pesquisadores.
-

Quadro 1 – Variáveis utilizadas

Códigos	Variáveis	Descrição	Fontes
Atividades Inovativas e Inovação			
G	Gasto com Atividades Inovativas	Valor do investimento total em atividades inovativas (em Reais)	PINTEC
IA	Inovação Ambiental	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma tenha realizado inovação com redução de impacto sobre o meio ambiente	PINTEC
IC	Inovação Convencional	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma tenha realizado inovação	PINTEC
Ambiente Concorrencial			
REG	Regulação Ambiental	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma se enquadre em regulações e normas padrão relativas ao mercado interno ou externo	PINTEC
Controle	Controle e gerenciamento	Variável binária que assume 1 (um) caso a firma realize gerenciamento formal e informal e 0 (zero) caso contrário	PINTEC
Tec_Gest	Técnicas de gestão ambiental	Variável binária que assume valor 1 (um) se a empresa implementou alguma técnica de gestão ambiental e 0 (zero), caso contrário	PINTEC
Intec	Intensidade Tecnológica	4 (quatro) variáveis binárias de intensidade tecnológica, que assumem 1 (um) caso a firma pertença à atividades econômicas com intensidade tecnológica baixa, média-baixa, média-alta e alta	PINTEC
Cooperação, Capacitação e Apoio do Governo			
Coop	Arranjo Cooperativo	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma esteve envolvida em arranjos cooperativos com outra(s) organização(ões) com vistas a desenvolver atividades inovativas	PINTEC
Códigos	Variáveis	Descrição	Fontes
Quali	Qualidade da mão de obra	Variável Binária, que recebe valor unitário caso a firma possua mão de obra com nível de qualificação superior nas atividades internas de P&D	PINTEC
Gov	Apoio do Governo	Variável binária que assume 1 (um) caso a firma utilize algum programa de apoio do governo para as atividades inovativas e 0 (zero) caso contrário	PINTEC

Fonte: Elaboração própria.

Além das variáveis relacionadas no Quadro 1, cabe destacar o recorte dado pelo nível de intensidade tecnológica e de atividade econômica que a empresa pertence. Em geral, para definir os níveis de intensidade tecnológica, utiliza-se a classificação da OCDE que, essencialmente apoiada na relação entre os gastos em P&D e o valor agregado ou nos gastos em P&D e a RLV, reúne os setores da indústria de transformação em quatro grupos principais de intensidade tecnológica: alta, média-alta, média-baixa e baixa (OCDE, 2010). Para os setores industriais brasileiros, a classificação da OCDE é pertinente, dado que a PINTEC apresenta um padrão semelhante ao da OCDE (FURTADO *et al.*, 1994). Com base nessa definição, a intensidade tecnológica é definida em quatro níveis: baixa, baixa-média, média-alta e alta. A definição em quatro níveis está representada pela variável “Intec” especificada no Quadro 1 para ser utilizada nas estimações dos modelos.

3.2 Modelo Analítico

Para analisar os determinantes da inovação ambiental, buscou-se analisar possíveis heterogeneidades entre os determinantes em relação à decisão da firma de realizar inovações convencionais e inovações ambientais. O principal objetivo dessa análise é verificar a existência de possíveis especificidades em relação aos determinantes dos dois tipos de inovação, uma vez que alguns fatores que levam a adoção de inovação ambiental podem ser diferentes dos fatores relacionados à inovação convencional. Para tanto, foi utilizado o método do *probit* bivariado. Este método de estimativa remove o viés de seleção da amostra e também apresenta os parâmetros mais precisos através da inclusão de empresas não inovadoras (CHUN e MUN, 2012). Por exemplo, Heckman (1979) sugeriu o procedimento Heckit para variáveis dependentes contínuas. No entanto, neste caso as variáveis dependentes são discretas e a utilização da razão inversa Mills não é uma escolha apropriada. Assim, a melhor estratégia empírica seria utilizar o *probit* bivariado, que apresenta a característica de não impor qualquer formato específico para a tomada de decisão, mas de supor que as duas opções se relacionam entre si de alguma maneira (MACHADO e OLIVEIRA, 2014).

Desse modo, entende-se que as decisões entre inovar e inovar com redução de impacto ambiental fazem parte de um mesmo processo decisório da firma, mas podem apresentar determinantes distintos. Diante disso, verificam-se os fatores que se associam à probabilidade de escolha pela inovação ambiental, considerando a possível simultaneidade das decisões entre inovar e inovar com redução de impacto ambiental. Portanto, têm-se duas variáveis dependentes dicotômicas e considera-se a possibilidade de existência de um fator endógeno que relaciona essas variáveis, de maneira que a escolha por uma determinada decisão afeta, diretamente, a probabilidade da firma decidir-se pela outra opção (CAMERON e TRIVEDI, 2005).

O *probit* bivariado pode ser expresso da seguinte forma:

$$Y_{1it}^* = X_{it}\beta_i + \alpha_i + \mu_{1it}$$

$$Y_{1it} = 1 \text{ se } Y_{1it}^* > 0; Y_{1it} = 0 \text{ caso contrário} \quad (1)$$

$$Y_{2it}^* = X_{it}\beta_i + \alpha_i + \mu_{2it}$$

$$Y_{2it} = 1 \text{ se } Y_{2it}^* > 0; Y_{2it} = 0 \text{ caso contrário} \quad (2)$$

Em que a primeira variável binária (Y_{1i}) indica se a firma adotou inovação ambiental ou não, enquanto a segunda variável binária (Y_{2i}) informa se a firma adotou inovação convencional ou não; Y_{1it}^* e Y_{2it}^* são variáveis latentes que determinam os dois resultados, de modo que as variáveis binárias resultantes dessas decisões (Y_{1it}^* e Y_{2it}^*), assume valor igual a 1 caso a firma adote inovação ambiental ($Y = 1 \text{ se } Y_{1it}^* > 0$), e valor 0 (zero), caso contrário; e, assume valor igual a 1 caso a firma adote inovação convencional ($Y = 1 \text{ se } Y_{2it}^* > 0$), e valor 0 (zero), caso contrário; X_i representa o vetor contendo as variáveis explicativas referentes aos determinantes das firmas que afetam ambas as decisões; μ_{1it} e μ_{2it} são os termos de erro, α_i é a heterogeneidade setorial não-observada, $i = 1, 2, \dots, N$ – unidades de firmas e $t = 1, 2, \dots, T$ – período de tempo (anos). A escolha simultânea dessas duas opções implica em quatro resultados diferentes e excludentes entre si:

(i) Não inova com redução de impacto ambiental e não inova de forma convencional: [$Y_{1i} = 0$ e $Y_{2i} = 0$] (3)

(ii) Apenas inova com redução de impacto ambiental: [$Y_{1i} = 1$ e $Y_{2i} = 0$] (4)

(iii) Inova com redução de impacto ambiental e inova de forma convencional: [$Y_{1i} = 1$ e $Y_{2i} = 1$] (5)

(iv) Apenas inova de forma convencional: [$Y_{1i} = 0$ e $Y_{2i} = 1$] (6)

As suposições sobre os erros aleatórios são:

$$E(\mu_1) = E(\mu_2) = 0 \quad (7)$$

Cameron e Trivedi (2005) apontam que se as duas decisões são correlacionadas, os erros dos dois modelos não são independentes entre si ($\rho = Cov(\mu_1, \mu_2) \neq 0$) e a probabilidade de uma opção depende da probabilidade da outra, sendo determinadas conjuntamente, ou seja, a tomada de decisão de inovar com redução de impacto ambiental é afetada pela decisão de inovar de forma convencional, e vice-versa. Portanto, uma vez que a correlação é não nula, as variáveis inovação ambiental e inovação convencional estarão correlacionadas, de modo que a análise se torna valiosa para entender

as possíveis especificidades dos determinantes sobre cada uma das inovações. Caso $\rho = 0$, as escolhas de inovar de forma convencional e inovar com redução de impacto ambiental não se correlacionam entre si e os *probits* não precisam ser estimados conjuntamente. Além dos coeficientes β_1 e β_2 , o *probit* bivariado fornece, também, a estimativa da probabilidade prevista das quatro combinações possíveis descritas. Ademais, os erros seguem distribuição normal bivariada.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Descrição Analítica dos Dados

De acordo com a base de dados da PINTEC, é possível calcular a taxa de inovação⁴ da indústria de transformação de Minas Gerais. A Tabela 1 registra as taxas de inovação convencional e as taxas de inovação para as empresas que implementaram algum tipo de inovação ambiental.

Tabela 1: Taxa de inovação na indústria de transformação de Minas Gerais – 1998-2014

Período de referência	Total de empresas industriais	Total de empresas inovadoras	Taxa de inovação (%)	Total de empresas inovadoras ambientais	Taxa de inovação (%)
1998-2000	8272	2303	27,84	1008	43,78
2001-2003	7944	3388	42,66	1185	34,98
2003-2005	10446	3111	29,78	814	26,18
2006-2008	12113	5111	42,19	1727	33,79
2009-2011	13923	5647	40,56	2372	42,01
2012-2014	13559	4624	34,10	1753	37,91

Fonte: Elaboração própria a partir das bases do IBGE (2018).

Conforme se observa na Tabela 1, houve um crescimento sistemático da taxa de inovação em quatro pesquisas (de 27,84% para 42,66% e 29,78% para 42,19%) e um decréscimo nas últimas pesquisas, para 34,10%. Entre o período 2003-2005 e 2012-2014, as taxas de inovação convencional diminuíram de forma sistemática em relação ao período anterior, passando, respectivamente, de 42,66% e 40,56% para 29,78% e 34,10%. As taxas de inovação ambiental foram maiores apenas na primeira edição da PINTEC, que abrangia o período 1998-2000. Segundo Cavalcanti e De Negri (2011) isso pode ser justificado pela novidade dos conceitos e, portanto, pouca familiaridade dos respondentes.

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis binárias e da variável contínua para as empresas da indústria de transformação de Minas Gerais no período de 1998 a 2014. Analisando a amostra de empresas inovadoras pelos anos das PINTECs, verifica-se que 54% das empresas no período de 2012-2014 se enquadram em regulações e normas padrão relativas ao mercado interno ou externo. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que muitas firmas são reguladas ambientalmente em decorrência do setor de atuação e do porte, além de abranger o mercado externo, que já é significativamente regulado na esfera ambiental, o que pode induzi-las a melhorar a qualidade ambiental de seus produtos e processos.

Quanto à variável controle, nota-se que do total de empresas inovadoras, 19,8% realizou algum tipo de controle e gerenciamento no período 1998-2000 e 19,1% no período de 2012-2014, seja formal (marcas) ou informal (segredo industrial, complexidade do desenho do produto) visando atender normas de certificação.

⁴ A taxa de inovação corresponde ao quociente entre o número de empresas que declararam ter introduzido pelo menos uma inovação no período considerado e o número total de empresas nos setores pesquisados pela PINTEC. Assim, a taxa de inovação é uma medida de resultado dos esforços inovativos das empresas (CAVALCANTI e DE NEGRI, 2011).

A variável técnicas de gestão ambiental também apresentou maior percentual para o período de 2012-2014 (41%), seguido do período de 2009-2011 (33,4%). A justificativa para esse resultado é de que o aumento da conscientização dos consumidores por produtos verdes tem forçado as empresas a se adequarem a esse novo mercado. Ademais, a gestão visa respeitar as leis ambientais, desenvolver formas de preservação do local em que a indústria está inserida, reestruturação da empresa de modo que diminua o desperdício e a reutilização e preservação dos recursos naturais ligado a essa conscientização das pessoas, ao desenvolvimento de processos e aprimoramento da produção e qualidade do produto ofertado (CAMPOS, 2006).

Tabela 2: Descrição das Variáveis binárias e contínua para as empresas inovadoras de Minas Gerais no período de 1998 a 2014

Variáveis Binárias	1998-2000 (%)	2001-2003 (%)	2003-2005 (%)	2006-2008 (%)	2009-2011 (%)	2012-2014 (%)
Inovação Ambiental	43,8	42,7	29,8	42,2	40,6	37,9
Inovação Convencional	27,8	34,9	26,2	33,8	42,0	34,1
Regulação Ambiental	33,7	26,4	23,0	38,2	43,3	54,0
Controle	19,8	9,59	7,7	5,7	0,8	19,1
Técnicas de Gestão Ambiental	33,9	1,4	17,6	36,4	35,1	45,1
Cooperação	4,26	3,90	3,5	11,5	9,1	18,4
Qualidade da mão de obra	47,28	29,6	40,4	37,6	138,4	102,5
Apoio do Governo	25,8	24,3	18,6	27,4	33,4	41,0
Variável Contínua (Média)	1998-2000	2001-2003	2003-2005	2006-2008	2009-2011	2012-2014
Gasto com Atividades Inovativas - Valor (1000 R\$)	374.960	323.131	149.689	434.177	1.568.181	1.397.333

Fonte: Elaboração própria a partir das bases do IBGE (2018).

Quanto a variável cooperação que representa o arranjo cooperativo formado pelas firmas da indústria mineira, verifica-se que dentre as empresas que realizaram inovação, aproximadamente 4% em 1998-2000, 3,9% em 2001-2003, 3,5% em 2003-2005, 11,5% em 2006-2008, 9,1% em 2009-2011 e 18,4% em 2012-2014, declararam ter realizado atividades de cooperação. Diante disso, percebe-se que a estratégia de cooperação entre agentes, por mais importante que seja para o processo inovativo, está sendo inserido aos poucos na prática da maioria das empresas. Esse resultado levanta a hipótese que as firmas podem não buscar estabelecer cooperação pelo fato dessa ação ser vista como algo bastante complexo, pois envolve conflitos de interesse, capacidade de governança, risco, definição de modalidades de apropriação de conhecimento, etc. (MACULAN, 2010).

Um dado interessante diz respeito à variável qualidade de mão de obra. Observa-se que, o percentual de empresas inovadoras com mão de obra empregada que possui um nível de qualificação superior exercendo as atividades internas de P&D cresceu significativamente durante o período analisado. Esse fato pode ser favorável ao desenvolvimento ou aperfeiçoamento de inovações, sejam

convencionais ou ambientais, ao se considerar uma melhor qualificação dos empregados das firmas envolvidos nessas atividades.

Considerando o apoio do governo, verifica-se que o percentual de firmas que utilizou algum programa de apoio do governo para as atividades inovativas aumentou durante o período analisado. Desse modo, constata-se que grande parte do investimento em inovações são financiadas por recursos próprios das empresas. Esse resultado evidencia que as empresas que realizam tanto inovação convencional quanto ambiental utilizam, em média, um maior percentual de fontes de financiamento públicas, ainda que baixo, que pode ser justificado pelo fato de que realizar inovação de qualquer tipo pode ser mais cara, pois, muitas vezes, depende de tecnologias de ponta e, por isso, as firmas recorrem mais às fontes governamentais.

4.2 Resultados das Estimações

Com o objetivo de analisar os determinantes dos dois tipos de inovação, estimou-se o modelo *biprobit*. A Tabela 3 apresenta a estimação dos efeitos marginais do modelo com as variáveis inovação ambiental e a inovação convencional como dependentes. Verifica-se que a correlação $\rho = 0,299$ entre as duas equações é estatisticamente significativo, indicando que o modelo *probit* bivariado pode ser aplicado para a estimação.

Tabela 3: Estimações: Inovação Ambiental (IA) e Inovação Convencional (IC) – *Probit* Bivariado – Efeitos Marginais

Variáveis	y = Pr[IA =1]	y = Pr[IC=1]	y = Pr[IA=1 IC=1]	y=Pr[Apenas IA =1 e IC=0]	y=Pr[Apenas IC=1 e IA=0]	y=Pr[Não IA=0 e IC=0]
<i>lnG</i>	0,055*** (0,021)	-0,018 (0,055)	0,019*** (0,007)	-0,0003 (0,0003)	0,019** (0,007)	0,0004 (0,0009)
REG	0,753** (0,034)	-0,551*** (0,101)	0,263*** (0,011)	0,006*** (0,0015)	-0,276*** (0,011)	0,007*** (0,002)
Coop	0,218*** (0,046)	0,026 (0,150)	0,077*** (0,016)	0,0004 (0,001)	-0,076*** (0,016)	-0,001 (0,002)
Gov	0,321*** (0,069)	0,221* (0,129)	0,142*** (0,025)	0,027*** (0,005)	-0,039 (0,026)	-0,074*** (0,010)
Controle	0,171*** (0,054)	0,198*** (0,089)	0,088*** (0,019)	-0,028*** (0,005)	0,013 (0,021)	-0,073*** (0,009)
Tec_Gest	0,383*** (0,033)	0,201** (0,095)	0,137*** (0,012)	-0,0002 (0,0006)	-0,132*** (0,011)	-0,004*** (0,002)
Quali	0,248** (0,103)	0,698*** (0,265)	0,092** (0,036)	-0,004** (0,002)	-0,076** (0,036)	-0,013** (0,005)
Média-baixa	0,0752* (0,040)	0,243* (0,127)	-	-	-	-
Média-alta	0,115** (0,047)	-0,0339 (0,138)	-	-	-	-
Alta	0,031*** (0,014)	0,410 (0,271)	-	-	-	-
<i>Athp</i>	0,309***					
ρ	0,299***					
Nº de Obs.	6.637					

Fonte: Elaboração própria a partir das bases citadas no Quadro 1.

Nota: *** significativo a 1%, ** significativo a 5% e * significativo a 10%. Os erros-padrão são robustos e se encontram entre parênteses e foram estimados por *bootstrap* com mil replicações. As constantes foram incluídas nas equações e não estão reportadas.

Pela Tabela 3, verifica-se que os efeitos marginais das variáveis incluídas apresentam, em geral, os sinais esperados e foram estatisticamente significativos para as firmas que adotaram inovação ambiental ou adotaram inovação convencional separadamente. As firmas que investiram em gastos com atividades inovativas aumenta em 0,5 p.p. a probabilidade de adotar inovação ambiental, enquanto esse coeficiente não foi significativo para as firmas que investiram em inovações convencionais. Observa-se ainda que um aumento em gastos com atividades inovativas aumenta a probabilidade de apenas adotar inovação ambiental em 1,9 p.p.

De forma bastante expressiva a regulação se mostra como importante indutora de inovação ambiental, de modo que as firmas que se enquadram em regulamentos ambientais aumentam em 75,3 p.p. a probabilidade de realizar inovação ambiental, enquanto reduzem em 55,1 p.p. a probabilidade de realizar inovação convencional. Analisando os efeitos marginais individuais, o impacto da regulação ambiental sobre a probabilidade de adotar apenas inovação ambiental (0,6 p.p) é expressivamente maior do que o impacto (negativo) sobre adoção de apenas inovação convencional (-27,6 p.p). Portanto, a variável regulação ambiental se configura como o determinante mais importante em relação às demais variáveis, devido à magnitude apresentada pelo coeficiente, sendo significativo positivo em todos os casos apresentados.

Pela variável arranjo cooperativo, verifica-se que as firmas que participam de alguma rede de cooperação aumentam em 21,8 p.p. a probabilidade de adotar inovação ambiental. O efeito é bem menor sobre a probabilidade de adotar inovação convencional. Esse resultado confirma os argumentos de diversos autores [De Marchi (2012) e Horbach (2006)], nos quais o pertencimento a algum tipo de rede aparece como um indutor positivo da inovação ambiental, ressaltando a importância de “economias horizontais de escala” e estratégias cooperativas para esse tipo de inovação. A formação de arranjos cooperativos também lidam com o fator incerteza, que pode ser ainda maior para as inovações ambientais e, portanto, envolvem maiores riscos, principalmente quando são radicais ou com elevado grau de novidade (BARBIERI, *et al.*, 2010), que podem ser atenuados através de parcerias para inovação.

As estimativas demonstram que a variável apoio do governo foram positivas e significativas, confirmando a relevância do papel exercido pelo contexto institucional representado pela espera pública na promoção de iniciativas de investimento em inovações ambientais nas indústrias. Verifica-se ainda que o apoio do governo aumenta a probabilidade de adotar inovação ambiental em 32,1 p.p. para as firmas que adotam esse tipo de inovação e em 22,1 p.p. a probabilidade da firma adotar inovação convencional. Os resultados também sugerem que as empresas que utilizam apoio do governo têm obrigação maior de mostrar resultados, ao mesmo e à sociedade em geral, o que aumentaria sua preocupação com resultados ambientais.

Em termos da variável controle, observa-se que a probabilidade de uma firma adotar inovação ambiental aumenta em 17,1 p.p pelo fato da firma ter realizado algum tipo de gerenciamento formal (marcas) e informal (segredo industrial, complexidade do desenho do produto) visando atender normas de certificação e em 19,8 p.p. a probabilidade da firma adotar inovação convencional. Em relação à variável de técnicas de gestão ambiental, observa-se que a probabilidade em adotar inovação ambiental é aumentada em 38,3 p.p. e a probabilidade de adotar inovação convencional é aumentada em 20,1 p.p. com o uso dessas técnicas. Para a variável qualidade de mão de obra, verifica-se que a probabilidade em adotar inovação ambiental é aumentada em 24,8 p.p. e a probabilidade em adotar inovação convencional é aumentada em 69,8 p.p., uma vez que a mão de obra empregada em atividades inovativas ser altamente qualificada.

Os efeitos marginais sobre a probabilidade de inovação conjunta também estão apresentados na Tabela 3, oferecendo *insights* interessantes sobre como uma escolha de adoção dos dois tipos de inovação conjuntamente é feita pelas empresas. Verifica-se que a probabilidade de uma firma adotar inovação ambiental dado que ela adotou inovação convencional é positiva e significativa com os gastos com a atividades inovativas (1,9 p.p.). Esse resultado mostra que, em geral, as empresas que combinam inovações ambientais e convencionais são tipicamente mais dotadas de capacidades de inovação do que as empresas que introduzem exclusivamente inovações ambientais.

Em relação à regulação ambiental, a probabilidade de adoção de inovação ambiental conjuntamente com a inovação convencional tem sido expressivamente impulsionada por forças reguladoras (26,3 p.p.). Assim, a regulação se mostra novamente como importante na determinante quando a firma adota conjuntamente inovação ambiental e inovação convencional. Essa variável gera um sinal para as firmas de possíveis ineficiências de recursos, criando uma possibilidade de melhora tecnológica. Através da geração de pressão nas firmas e setores, a regulação pode auxiliar a superar a inércia e romper o *lock-in* de determinadas trajetórias tecnológicas. Ademais, a regulação pode gerar informação que ajude a reduzir as incertezas inerentes aos processos inovativos, que são ainda maiores quando se trata das inovações ambientais. E, a regulação também pode gerar vantagens competitivas para as firmas que tenham se adaptado mais rápido às regras, pois a geração de uma resposta inovativa anterior às demais concorrentes acarreta vantagens de ser um *first-mover*, tais como o incremento da capacidade de *learning-by-doing* pela firma.

Por meio da variável arranjo cooperativo, verifica-se que as firmas que participam de alguma rede de cooperação aumentam em 7,7 p.p. a probabilidade em adotar inovação ambiental e inovação convencional de forma conjunta, de modo que à medida que as firmas trocam experiências pela participação em arranjos cooperativos, as mesmas podem melhorar suas capacidades de absorção ou implementação tanto de inovação ambiental quanto de inovação convencional. Por meio da variável apoio do governo, percebe-se que as firmas que recebem algum tipo de incentivo do governo aumentam em 14,2 p.p. a probabilidade de realizar conjuntamente inovação ambiental e inovação convencional.

Ao observar a variável controle, verifica-se que a probabilidade em adotar inovação ambiental e inovação convencional aumenta em 8,8 p.p. dado que a firma realizou algum tipo de controle e gerenciamento internamente à firma. Em relação à implementação de técnicas de gestão ambiental, observa-se que a probabilidade em adotar inovação ambiental e inovação convencional, de forma conjunta, aumenta em 13,7 p.p. com o uso de técnicas de gestão ambiental. Para a variável qualidade de mão de obra, verifica-se que a probabilidade em adotar inovação ambiental e inovação convencional é aumentada em 9,2 p.p. pelo fato da mão de obra empregada em atividades internas de P&D possuir um nível de qualificação superior.

Em termos da variável de intensidade tecnológica, verifica-se que a participação em setores de alta tecnologia aumenta a probabilidade da firma em adotar inovação ambiental de forma mais expressiva do que em relação à inovação convencional, sugerindo que empresas que pertencem a setores mais intensivos em tecnologia têm maior propensão a adotar inovação ambiental do que empresas de setores menos intensivos em tecnologia, demonstrando a força das atividades econômicas mais intensivas em tecnologia para esse tipo de inovação.

De modo geral, os efeitos marginais conjuntos da adoção de inovação ambiental e inovação convencional se mostraram significativos e maiores para todos os determinantes apresentados. Em particular, a regulação afeta de forma bastante expressiva quando a empresa adota apenas inovação ambiental. Assim, esse modelo permitiu verificar as potenciais heterogeneidades existentes entre os dois tipos de inovação, de modo que foi possível perceber algumas especificidades dos determinantes da inovação ambiental em relação à inovação convencional. Verificou-se que a regulação ambiental, a cooperação, o apoio do governo e as técnicas de gestão ambiental impactam de forma mais expressiva sobre a probabilidade das firmas em adotarem inovação ambiental. Já os gastos com atividades inovativas, o controle e gerenciamento e qualidade de mão de obra impactam mais sobre a probabilidade de adotar inovação convencional. Cabe ressaltar que quando se analisou a probabilidade conjunta de realizar inovação ambiental e inovação convencional todas as variáveis apresentaram resultados bastante significativos, evidenciando essas variáveis podem favorecer a adoção combinada desses dois tipos de inovação.

5 CONCLUSÕES

A combinação de diversos fatores tem se tornado um desafio para as empresas realizarem mudanças em suas práticas no sentido de equacionar os impasses econômicos, ambientais e sociais

na direção do desenvolvimento sustentável. De um lado, as empresas enfrentam o aumento da concorrência e a escassez de recursos, e de outro, as empresas se encontram diante da maior reação social e política frente aos problemas das externalidades ambientais causadas pelos impactos ambientais das suas atividades. Por essas questões, as empresas necessitam mudar o seu comportamento para uma produção mais sustentável.

Nesse sentido, o estudo buscou identificar possíveis heterogeneidades entre os determinantes em relação à decisão da firma de realizar inovações convencionais e inovações ambientais. O principal objetivo dessa análise foi verificar a existência de possíveis especificidades em relação aos determinantes dos dois tipos de inovação, uma vez que alguns fatores que levam a adoção de inovação ambiental podem ser diferentes dos fatores relacionados à inovação convencional. Para tanto, utilizou-se o método do *probit* bivariado, levando-se em conta que as decisões entre inovar e inovar com redução de impacto ambiental fazem parte de um mesmo processo decisório da firma, mas podem apresentar determinantes distintos.

Os resultados apontaram que a regulação, a cooperação e o apoio do governo influenciaram de forma mais expressiva na adoção de inovação ambiental em comparação com a inovação convencional, indicando, portanto, especificidades da inovação ambiental em relação à inovação convencional. Os resultados mostraram ainda que os fatores afetam de forma mais expressiva quando há a combinação de inovação ambiental e inovação convencional, evidenciando que esses determinantes podem ser importantes quanto à adoção combinada desses dois tipos de inovação.

De modo geral, concluiu-se que a regulação ambiental, o apoio do governo, os arranjos cooperativos, os controles de gerenciamento e as técnicas de gestão ambiental são importantes determinantes para a adoção de inovação ambiental das firmas da indústria de transformação de Minas Gerais. Dentre todos os determinantes, a regulação ambiental se destaca como um fator expressivo e importante para impulsionar a inovação ambiental, de modo a influenciar em uma produção mais limpa e apresentar instrumentos mais específicos de iniciativas empresariais que possam induzir as firmas a introduzirem produtos e processos menos danosos ao meio ambiente, confirmando parcialmente a hipótese levantada por esse estudo de que a regulação é um importante determinante para a adoção tanto de inovação ambiental quanto de inovação convencional.

Ao analisar o impacto da regulação ambiental apenas sobre a inovação convencional, verificou-se que esse impacto foi negativo para a realização desse tipo de inovação. Uma justificativa para esse resultado pode ser analisada pelo fato de que a inovação é vista sob a perspectiva das falhas de mercado, particularmente em relação à produção de conhecimento, que se caracteriza por ser incerto, indivisível, assumir aspectos de bem público, apresentar externalidades e ausência de garantias de apropriabilidade, não havendo, assim, incentivos para que as firmas se desenvolvam qualquer tipo de inovação. E, embora, a necessidade por parte da firma em que se enquadrar em normas e regulamentos que levem em conta a questão ambiental seja um critério cada vez mais importante para a sua permanência no mercado, os benefícios dessa inclusão são, em sua maioria, percebidos no longo prazo, e, portanto, podem ser negligenciados pelas empresas à procura de lucros de curto prazo.

Ademais, constatou-se ainda, em relação a hipótese do estudo, que quando as empresas adotam, conjuntamente, a inovação ambiental e a inovação convencional, a regulação ambiental se mostra novamente como importante determinante, gerando um sinal para as firmas de possíveis ineficiências de recursos, criando uma possibilidade de melhora tecnológica. Assim, concluiu-se que a adoção de inovação ambiental e inovação convencional depende tanto da indução dessas inovações pela regulação quanto a capacidade de resposta de cada firma, evidenciando o caráter amplo e sistêmico do processo inovativo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARUNDEL, A., KEMP, R. & PARTO, S. Indicators for Environmental Innovation: what and how to measure. In: **International Handbook on Environment and Technology Management**, edited by

- Marinova D., Annandale D. e Philimore J., Edward Elgar, Cheltenham, 2007.
- BALTAGI, B. H. *Econometrics analysis of panel data*. 2 ed. Chichester, UK: Wiley & Sons, 2001.
- BARBIERI, J. C. et al. Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 50, n. 2, pp. 146-154, 2010.
- BEISE, M., RENNINGS, K. Lead Markets and Regulation: a framework for analyzing the International Diffusion of Environmental Innovations. *Ecological Economics*, n. 52, pp. 5-17, 2005.
- CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics: Methods and Applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- CAMPOS, L. M. S. **Sistemas de Gestão Ambiental para Pequenas Empresas: uma comparação entre as visões das grandes empresas certificadas, dos implementadores e das pequenas empresas**. Anais do IV EnEO-Encontro de Estudos Organizacionais. Nº 074. Porto Alegre, 2006.
- CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. Sistema de inovação e desenvolvimento: as implicações políticas. *São Paulo em Perspectiva*, v. 19, n. 1, pp. 34-45, 2005.
- CAVALCANTE, L. R.; DE NEGRI, F. **Trajatória recente dos indicadores de inovação no Brasil**. Rio de Janeiro: IPEA, set. 2011 (Texto para Discussão n. 1659).
- CHUN, H.; MUN, S. Determinants of R&D cooperation in small and medium-sized enterprises, *Small Business Economics*, Springer, v. 39, n. 2, pp. 419-436, 2012.
- DE MARCHI, V. Environmental Innovation and R&D Cooperation: empirical evidence from Spanish manufacturing firms. *Research Policy*, pp. 614-623, 2012.
- DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories – a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*, v. 11, n. 3, pp. 147-162, 1982.
- DOSI, G. Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. *Journal of Economic Literature*, XXVI, pp. 1120-1171, 1988.
- FREEMAN, C. The greening of technology and models of innovation, **Technological forecasting and social change**, v. 53, n. 01, set.1996.
- FURTADO, A. *et. al.* **Capacitação tecnológica, competitividade e política industrial: uma abordagem setorial e por empresas líderes**. (Texto para discussão, n. 348). Brasília, Ipea, 1994.
- HECKMAN, J. J. Sample selection bias as a specification error. *Econometrica*, v. 47, n. 1, p. 153-161, 1979.
- HORBACH, J. Determinants of Environmental Innovation – New Evidence from German Panel Data Sources. **FEEM Working Paper**, n. 13, 2006.
- HORBACH, J.; RENNINGS, K. Environmental innovation and employment dynamics in different technology fields – an analysis based on the German Community Innovation Survey 2009. ZEW Discussion Paper No. 12-006, **Centre for European Economic Research**, Mannheim, Germany, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pia/atividades/conceitos>> Acessado em: março de 2018.

KEMP, R.; FOXON, T. **Typology of eco-innovation**. Maastricht, MEI (Measuring Eco-Innovation), 2007.

KEMP, R.; PEARSON, P. Final report MEI project about measuring eco-innovation: Deliverable 15 of MEI project (D15). **Project Report**. 2008.

LUNDVALL, B. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In: DOSI, G. *et al.* **Technical Change and Economic Theory**. London: Pinter Publishers, 1988.

MACHADO, G. C.; OLIVEIRA, C. A. Programas de Transferência de Renda e Trabalho Infantil no Rio Grande do Sul. **Economic Analysis of Law Review**, v. 5, n. 1, pp. 99-117, 2014.

MACULAN, A. M. **A importância das interações para a inovação e a busca por indicadores**. In: CGEE (Orgs.). **Bases conceituais em pesquisa, desenvolvimento e inovação: implicações políticas no Brasil**. 1ª ed. Brasília: Centro de Gestões e Estudos Estratégicos, v. 1, pp. 165-186, 2010.

NELSON, R.; WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge: Bellknap Press, 1982.

NELSON, R. e WINTER, S. In search of a usefull theory of innovations. **Research Policy**, v. 6, n.1, 1977.

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

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). **OECD Science, Technology and Industry Outlook**. Paris: OECD Publishing, 2010.

OLTRA, V. Environmental Innovation and Industrial Dynamics: the contributions of evolutionary economics. **DIME Working Papers on Environmental Innovation**, n. 7, 2008.

OSLO Manual: **guidelines for collecting and interpreting innovation data**. 3. ed. Paris: Organization for Economic Co-Operation and Development - OECD: Statistical Office of the European Communities -Eurostat, p. 163, 2005.

OZUSAGLAM, S. Environmental innovation: a concise review of the literature. **Vie & sciences de l'entreprise**, n. 191 - 192, pp. 15-38, 2012.

PINTEC. **Pesquisa de Inovação Tecnológica** 2000, 2003, 2005, 2008 e 2011. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2017.

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **A Produção mais Limpa e o Consumo Sustentável na América Latina e Caribe**. São Paulo: Governo do Estado de São, 2005.

PORTER, M. E.; LINDE, C. V. Der. Toward a New Conception of the Environment - Competitiveness Relationship. **Journal of Economic Perspectives**, Vol. 9, n. 4, pp. 97- 118, 1995.

RENNINGS, K. Redefining innovation – eco-innovation research and the contribution from ecological economics. **Ecological Economics**, v. 32, n. 1, pp. 319-332, 2000.

RENNINGS K., FRONDEL, M., HORBACH, J. What triggers environmental management and innovation? Empirical evidence for Germany. **Ecological Economics**, Elsevier, v. 66, n. 1, pp 153-160, 2008.

RIBEIRO, J. C. J. **Desafios do licenciamento ambiental**. Belo Horizonte: Seminário estadual sobre licenciamento ambiental. Amda/Semad, 2006, p. 15.

SERRANO, L. M.; BARBIERI, A. F. **Meio ambiente e desenvolvimento sustentável no Brasil: uma descrição de indicadores de sustentabilidade ambiental aplicáveis à realidade brasileira**. In: XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais, Caxambu- MG, 2008, p. 21. Disponível em: <http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2008/docspdf/ABEP2008_1599.pdf> Acesso em: março de 2018.

SPEIRS, J.; PEARSON, P.; FOXON, T. Adapting Innovation Systems Indicators to assess Eco-Innovation. **DIME International Conference “Innovation, sustainability and policy”**, GREThA, University Montesquieu Bordeaux IV, France, pp. 11-13, 2008.

TIGRE, P. B. Paradigmas tecnológicos e teorias econômicas da firma. **Revista Brasileira de Inovação**, v.4, n. 1, p. 35. 2005.

UNCTAD – UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. **World investment report 2006**. FDI from developing and transition economies: implications for development. New York; Geneva: United Nations, 2006.

UNITED NATIONS. **Earth Summit Agenda 21**. United Conference on Environment and Development – UNCED. Rio de Janeiro, 1992.

WALRAS, L. **Compêndio dos elementos de economia política pura**. Tradução: João Guilherme Vargas Netto. São Paulo: Abril Cultural, Série: Os Economistas, 1983.