



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ECONOMIA**

PAULO HENRIQUE ASSIS FEITOSA

**DIVERSIFICAÇÃO E BUSCA TECNOLÓGICA: UM ESTUDO A
PARTIR DE TECNOLOGIAS DE MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS**

**CAMPINAS
2017**



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ECONOMIA

PAULO HENRIQUE ASSIS FEITOSA

**Diversificação e busca tecnológica: um estudo a partir
de tecnologias de mitigação das mudanças climáticas**

Prof. Dr. Renato de Castro Garcia – orientador

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Ciências Econômicas, área de concentração Teoria Econômica.

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO PAULO
HENRIQUE ASSIS FEITOSA E ORIENTADA PELO
PROF. DR. RENATO DE CASTRO GARCIA.**

Orientador

CAMPINAS
2017

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2388-7543>

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Economia
Mirian Clavico Alves - CRB 8/8708

F329d Feitosa, Paulo Henrique Assis, 1984-
Diversificação e busca tecnológica : um estudo a partir de tecnologias de mitigação das mudanças climáticas / Paulo Henrique Assis Feitosa. – Campinas, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Renato de Castro Garcia.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia.

1. Mudanças climáticas. 2. Inovações tecnológicas. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Garcia, Renato de Castro, 1970-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Diversification and technological search : A study from climate change mitigation technologies

Palavras-chave em inglês:

Climatic changes

Technological innovations

Sustainable development

Área de concentração: Teoria Econômica

Titulação: Doutor em Ciências Econômicas

Banca examinadora:

Renato de Castro Garcia [Orientador]

Marco Antonio Martins da Rocha

Edilaine Venancio Camillo

Ana Urraca Ruiz

Marcelo Silva Pinho

Data de defesa: 21-02-2017

Programa de Pós-Graduação: Ciências Econômicas



TESE DE DOUTORADO

PAULO HENRIQUE ASSIS FEITOSA

Diversificação e busca tecnológica: um estudo a partir de tecnologias de mitigação das mudanças climáticas

Defendida em 21/02/2017

COMISSÃO JULGADORA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Renato", is positioned above the name of the first member of the committee.

Prof. Dr. Renato de Castro Garcia
Instituto de Economia / UNICAMP

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Marco Antonio Martins da Rocha", is positioned above the name of the second member of the committee.

Prof. Dr. Marco Antonio Martins da Rocha
Instituto de Economia / UNICAMP

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Edilaine", is positioned above the name of the third member of the committee.

Profa. Dra. Edilaine Venancio Camillo
Instituto de Geociências / UNICAMP

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Ana Urraca", is positioned above the name of the fourth member of the committee.

Profa. Dra. Ana Urraca Ruiz
Universidade Federal Fluminense/UFF

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Marcelo Silva Pinho", is positioned above the name of the fifth member of the committee.

Prof. Dr. Marcelo Silva Pinho
Universidade Federal de São Carlos/UFSCar

Ata de Defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no processo de vida acadêmica do aluno.

*À memória da minha mãe, Maria Goretti
e à minha companhia de história e vida, Kellen*

AGRADECIMENTOS

As contribuições que tornaram esta tese possível foram muitas e, sobretudo, indispensáveis.

Em primeiro lugar, a Renato Garcia, com quem desde o início compartilhei grande afinidade intelectual e sou muito agradecido por ter orientado esta tese. Sua dedicação e comprometimento foram fundamentais.

Aos professores Célio Hiratuka, Edilaine Camillo, Marco Rocha, Ana Urraca-Ruiz e Marcelo Pinho por sua disposição em avaliar este trabalho e contribuir para o seu aprimoramento.

Ao professor Pari Patel, pela maneira incrivelmente cordial com a qual me recebeu na Universidade de Sussex. Seus comentários, sugestões e críticas foram essenciais.

A todos que, durante o estágio de doutorado, me receberam e dedicaram seu tempo para colaborar com este trabalho. A minha estadia num ambiente como o SPRU certamente marcou minha trajetória.

Ao professor Uwe Cantner, pela oportunidade de frequentar o excelente ambiente da escola de verão na Friedrich-Schiller-Universität (Jena), e por seus comentários valiosos ao meu trabalho.

A Leonardo Ribeiro, com quem colaborei na construção da base de dados. Sua presteza e disposição em ajudar permitiram que esse trabalho expandisse seu potencial empírico.

Ao professor Eduardo Albuquerque, por ter se disposto a discutir e comentar este trabalho.

Ao professor Alexandre Gori, pelas sugestões na parte econométrica e pelo ótimo curso de verão.

Aos professores David Dequech, Fernando Sarti, José Maria e Paulo Fracalanza, pela troca de ideias e pela ótima oportunidade de aprendizado proporcionado por suas disciplinas.

A Pedro Miranda, que gentilmente me ajudou a dar os primeiros passos no uso de dados de patentes.

Aos colegas do NEIT, por propiciarem um excelente ambiente de debate de ideias.

Aos colegas de turma com quem compartilhei momentos de muito aprendizado.

A todos os demais colaboradores, estudantes e professores do Instituto de Economia. Aos primeiros, pela simpatia e eficiência, e, os demais, por construírem um ambiente único de convívio intelectual.

A meus irmãos, ao meu pai, à minha madrinha, e aos demais familiares e amigos pelo apoio e respeito à minha ausência.

À Kellen, pelo amor e apoio irrestrito em todos esses anos. Também por estar ao meu lado nos momentos mais difíceis e por tornar minha vida mais cheia de significados.

À minha Mãe (*in memoriam*), pelo afeto, amor incondicional e por figurar como meu maior exemplo de perseverança, superação e paixão pela vida.

Meus agradecimentos se estendem a todas as pessoas que ao longo desses quatro anos contribuíram direta ou indiretamente para que concluísse mais essa etapa. A todos o meu muito obrigado!

Simplicity is the highest form of sophistication

Leonardo da Vinci

RESUMO

Esta tese investiga as relações entre diversificação e busca tecnológica em campos técnicos relacionados à mitigação das mudanças climáticas. Diante desse objetivo, procura determinar em que medida a capacitação das firmas em explorar conhecimentos externos determina a sua diversificação nessas tecnologias. A partir da constituição de um banco de dados original com patentes relacionadas a tecnologias de mitigação das mudanças climáticas, o trabalho examina 120 grupos de tecnologias em todo mundo e estabelece o portfólio de patentes de 436 firmas, entre os anos 1990 e 2009. As estimativas revelam de forma abrangente o efeito que a busca tecnológica exerce sobre a diversificação de competências de firmas de diferentes estruturas, localização e atividades econômicas. Deste modo, o trabalho produz evidências de uma relação curvilínea em formato de “U” invertido entre as variáveis diversificação e busca tecnológica. Essa relação se justifica pelos limites impostos pela capacidade das firmas em adquirir e assimilar conhecimentos gerados externamente. A demonstração empírica dessa relação tem repercussões importantes para a literatura como corroborar teses de que a busca por novos conhecimentos é fortemente limitada pelos conhecimentos mantidos pela firma e reconhecer a existência de uma tensão permanente no equilíbrio entre a necessidade de manutenção de uma base de conhecimentos coerente e a construção de competências em variados campos tecnológicos.

Palavras-chave: Diversificação tecnológica; busca tecnológica; mudanças climáticas.

Classificações JEL: D83; L25; O33; Q55

ABSTRACT

This thesis investigates the relationship between diversification and technological search in technical fields related to the mitigation of climate change. From this purpose, it seeks to determine to what extent the capacity of firms to exploit external knowledge determines their diversification in these technologies. Based on the creation of a unique database with patents related to climate change mitigation technologies, the thesis examines 120 groups of technologies worldwide and establishes the patent portfolio of 436 firms between 1990 and 2009. Estimates reveal in a comprehensive way the effect that the technological search exerts on the diversification of the competences of firms of different structures, location and economic activities. In this way, the thesis produces evidences of a curvilinear relation (inverse U-shape), between the diversification and technological search variables. This relationship is justified by the limits imposed by the capabilities of firms to acquire and assimilate externally generated knowledge. The empirical demonstration of this relationship has important repercussions for the literature as corroboration of theses that the search for new knowledge is strongly limited by the knowledge maintained by the firm and the recognition of the existence of a permanent tension in the balance between the need to maintain a coherent knowledge base and capabilities construction in various technological fields.

Keywords: Technological diversification; technological search; climate changes.

JEL Classification: D83; L25; O33; Q55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Localização das firmas e participação no total de famílias entre 1990-2009 (em %).	93
Tabela 2 –Localização das firmas e distribuição das famílias por escritórios principais (em %).	94
Tabela 3 –Localização das firmas e distribuição das famílias por escritórios selecionados (em %).	95
Tabela 4 – Critérios para definição das categorias de tamanho das firmas.....	96
Tabela 5 – Localização das firmas e distribuição por tamanho (em %)......	96
Tabela 6 – Localização das firmas e distribuição por atividades econômicas (em %).	97
Tabela 7 – Distribuição das firmas por atividades econômicas principais.....	98
Tabela 8 - Distribuição das firmas por atividades econômicas e setores tecnológicos (em %)	99
Tabela 9 – Concentração de patentes (IHH) por setor tecnológico e atividade econômica, 1990-2009.....	100
Tabela 10 – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no modelo.	112
Tabela 11 – Estimativa dos coeficientes das regressões linear, logit fracionária e logit padrão.	113
Tabela 12 – Síntese dos testes para o diagnóstico da relação em formato de “U”.....	114
Tabela 13 – Estimativa das variâncias estudadas.	116
Tabela 14 – Estimativa dos coeficientes das regressões em modelos Between, efeitos fixos e aleatórios.....	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A tipologia de eco-inovação.	66
Figura 2 – Esquema da distribuição dos setores e subsetores do IPC Green Inventory.....	88
Figura 3 – Diagrama de fluxo do processo de extração e tratamento dos dados.....	90
Figura 4 – Relação entre diversificação e distância tecnológica.	120

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Variáveis que afetam a diversificação tecnológica e de negócios.....	36
Quadro 2 – Síntese da literatura empírica sobre diversificação tecnológica.....	41
Quadro 3 – Síntese da literatura empírica sobre processos de busca.	53
Quadro 4 – Características dos antigos e dos novos projetos orientados a uma missão	78
Quadro 5 – Informações contidas nos documentos de patentes.	84
Quadro 6 – Comparação entre os indicadores de patentes	86
Quadro 7 – Medidas de distância em quatro categorias principais.	105
Quadro 8 – Descrição das variáveis e respectivas fontes.	112

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Total de patentes prioritárias e suas respectivas famílias entre 1990-2009.	92
Gráfico 2 – Dispersão da diversificação em relação à distância tecnológica.....	115
Gráfico 3 – Dispersão da diversificação em relação à distância tecnológica por períodos....	116

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BvDEP	Bureau Van Dijck
CIS	<i>Community Innovation Survey</i>
CMMT	<i>Climate Change Mitigation Technologies</i>
CO ₂	Dióxido de carbono
CQNUMC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
ECLA	<i>European Patent Classification</i>
EPO	<i>European Patent Office</i>
ETAP	<i>Environmental Technologies Action Plan</i>
FRS	<i>Financial Reporting System</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
GPT	<i>General Purpose Technologies</i>
GUO	<i>Global Ultimate Owner</i>
ICTSD	<i>International Centre for Trade and Sustainable Development</i>
IHH	Índice Herfindahl-Hirschman
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IPC	<i>International Patent Classification</i>
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
JPO	<i>Japan Patent Office</i>
NACE	<i>Statistical classification of economic activities</i>
NBER	<i>The National Bureau of Economic Research</i>
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
OMPI	Organização Mundial de Propriedade Intelectual
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PCT	<i>Patent Cooperation Treaty</i>
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PPT	Patentes Prioritárias Transnacionais
TAS	Tecnologias Ambientalmente Saudáveis
TRIPS	<i>Trade-Related Intellectual Property Rights</i>
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Chang</i>
UNIDO	<i>United Nations Industrial Development Organization</i>
USPTO	<i>United States Patent and Trademark Office</i>
WIPO	<i>World Intellectual Property Organization</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1 DIVERSIFICAÇÃO, COERÊNCIA E BUSCA TECNOLÓGICA.....	22
1.1 INFLUÊNCIAS TEÓRICAS E ESTUDOS PRECURSORES	22
1.2 COERÊNCIA E INTER-RELACIONAMENTO DE CONHECIMENTOS	26
1.3 DIVERSIFICAÇÃO CORPORATIVA E DIVERSIFICAÇÃO TECNOLÓGICA.....	34
1.4 ROTINAS ORGANIZACIONAIS E PROCESSOS DE BUSCA	46
1.5 BUSCA EXPLORATÓRIA E CAPACIDADE DE ABSORÇÃO	50
2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E BUSCA EM TECNOLOGIAS DE MITIGAÇÃO.....	60
2.1 O PROCESSO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SUAS QUESTÕES FUNDAMENTAIS	60
2.2 INOVAÇÕES EM TECNOLOGIAS DE MITIGAÇÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	62
2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS COMO FATOR EXÓGENO QUE AFETA O PROCESSO DE BUSCA	68
2.3.1 <i>Fatores no nível da firma</i>	68
2.3.2 <i>Fatores no nível dos mercados</i>	70
2.3.3 <i>Fatores no nível do sistema</i>	74
3 FONTES DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS	80
3.1 FONTES DE DADOS DE PATENTES.....	80
3.1.1 <i>Patentes como indicador estatístico de atividade inventiva</i>	81
3.1.2 <i>Classificações de patentes</i>	87
3.2 CONSTRUÇÃO DA BASE DE DADOS	89
3.3 DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS.....	92
4 BUSCA TECNOLÓGICA COMO DETERMINANTE DA DIVERSIFICAÇÃO	101
4.1 MENSURAÇÃO DA VARIÁVEL DEPENDENTE DO MODELO	101
4.2 MENSURAÇÃO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTE E CONTROLE	104
4.3 ESPECIFICAÇÃO DO MODELO E ESTIMATIVAS ECONÔMICAS	110
4.4 RESULTADOS EMPÍRICOS.....	111
4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	118
4.5.1 <i>Implicações para literatura de tecnologia e mudanças climáticas</i>	125
CONCLUSÃO	127
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
ANEXO 1 – RELAÇÃO DOS GRUPOS DE TECNOLOGIAS.....	155
ANEXO 2 – RELAÇÃO DAS EMPRESAS	158
ANEXO 3 – TABELAS ADICIONAIS.....	170
ANEXO 4 – CÓDIGO DE PAÍSES.....	175
ANEXO 5 – CLASSIFICAÇÃO DE ATIVIDADES ECONÔMICAS	178

INTRODUÇÃO

A diversificação corporativa está no cerne da evolução das firmas modernas, que a utilizam como estratégia de crescimento de longo prazo via expansão para novos mercados geográficos e de produtos. Esse crescimento é determinado pelas oportunidades produtivas disponíveis no ambiente, mas principalmente pelo conjunto de recursos produtivos que as firmas controlam e pela estrutura administrativa para coordenar a sua utilização.

As firmas são constituídas por recursos à disposição de diferentes usos ao longo do tempo, sendo fundamental o aproveitamento dos excessos de capacidade, ou seja, economias decorrentes da utilização de capacidade ociosa. Esses recursos são realocados na medida em que determinados mercados se tornam menos lucrativos e novas perspectivas se fazem mais atraentes. Nesse aspecto, as firmas são motivadas pela possibilidade de eliminar as restrições à sua expansão, impostas pela demanda potencial dos produtos que compõem o seu portfólio.

O processo de diversificação corporativa se transformou num tema amplamente estudado pela literatura, que procurou identificar os seus padrões evolutivos e a repercussão no desempenho das firmas. Essa literatura revela que existe uma coerência na forma como esse processo se desenvolve, e que, em geral, ele está associado a um desempenho econômico maior.

Ao longo do tempo, os estudos passaram a procurar compreender a dimensão tecnológica da diversificação corporativa, dada a reconhecimento do crescente papel do conhecimento científico e tecnológico para explicar o crescimento econômico no mundo moderno. Para tanto, esses estudos investigaram mais adequadamente o papel exercido pela variável *conhecimento organizacional* e construíram abordagens que tratassem dos mecanismos de criação, captura e acumulação de conhecimento na sociedade.

Nesse contexto, as firmas são agentes privilegiados, pois são capazes de produzir e aplicar esses conhecimentos de forma sistemática para fins econômicos. Essa capacidade também pode ser entendida como um processo de integração de *corpos de conhecimento* previamente separados que possuem aplicação comercial. Portanto, a disposição e o acesso a uma variedade de recursos são um fator chave que influencia a vantagem competitiva das firmas e a sua sobrevivência ao longo do tempo.

A diversificação tecnológica pode ser afetada por fatores comuns à diversificação corporativa, como complexidade, modularidade, economias de escala e escopo e genericidade das tecnologias. Entretanto, a diversificação tecnológica também é afetada por fatores particulares, como os efeitos da emergência de novas tecnologias e a necessidade de monitorar e/ou absorver novos conhecimentos.

O processo de diversificação tecnológica das firmas é incorporado por meio de *rotinas organizacionais*, ou seja, um conjunto padronizado de regras e heurísticas que possuem um caráter repetitivo. Paralelamente, as firmas realizam atividades de busca para avaliar as rotinas atuais que levem a sua modificação, mudanças ou substituição, já que elas não são imutáveis ao longo do tempo.

Existem dois comportamentos principais das firmas no processo de busca: de um lado, a exploração, que tende a envolver a busca de novos conhecimentos; de outro, a exploração, que consiste no uso e desenvolvimento de coisas já conhecidas. Desta forma, a existência de um *ciclo natural* garante que a transitividade entre exploração-exploração ao longo do tempo seja descrita como um *continuum*, ao invés de um modelo de escolha discreta.

Os estudos precursores nessa temática afirmam a existência de limites à flexibilidade desse comportamento. Como consequência, os processos de busca tendem a ser conduzidos localmente, ou seja, a relacionar o conhecimento adjacente à base de conhecimento atual da firma. A principal justificativa para isso é que a busca tende a ocorrer ao longo de trajetórias estabelecidas por experiências passadas, rotinas e heurísticas. Além disso, as firmas precisam obter o máximo de vantagem do conjunto de conhecimentos que detêm, o que exige concentração e coerência na distribuição dos seus esforços de busca.

Outra parte da literatura, porém, questiona a conveniência da busca local em todos os contextos e problematiza suas adversidades sob o nome de *armadilha da busca local*, que são os casos em que a firma desenvolve capacitações que melhoram seu desempenho atual, mas, ao mesmo tempo, reduz a sua competência para lidar com paradigmas futuros. Essa literatura, ainda que pressuponha que os processos de busca permaneçam predominantemente locais, concentra-se em avaliar como as firmas equilibram a busca local com a busca exploratória, que é aquela que envolve um esforço consciente para se afastar das rotinas e bases de conhecimento mantidas pelas firmas.

Uma motivação para novos estudos sobre o tema é a necessidade de uma compreensão mais apurada sobre como o equilíbrio entre busca local e exploratória afetam o nível de diversificação tecnológica das firmas. Mesmo que se reconheça a existência de uma ampla literatura sobre diversificação e busca tecnológica, são escassos os estudos que as relacionem empiricamente e discutam suas repercussões sobre o arcabouço teórico vigente. Além disso, os estudos empíricos existentes são marcados por três importantes limitações: i) a dificuldade na generalização dos resultados, uma vez que os estudos são conduzidos em contextos específicos e em indústrias específicas; ii) a ausência de interpretações de como a relação entre as variáveis muda ao longo do tempo, ainda que grande parte dos estudos sejam por natureza transversais; e iii) a ênfase em recortes geográficos específicos.

Qualquer estudo que se proponha lidar com essas limitações da literatura deve, todavia, considerar o desafio de identificar e analisar uma transformação no ambiente tecnológico capaz de afetar as firmas em suas rotinas e em sua busca por conhecimento. Da mesma forma, é preciso que essa transformação analisada não seja específica de setores econômicos ou localidades geográficas e, ainda, que se viabilize certo controle de sua dimensão temporal.

Dentre um conjunto de possibilidades de investigação que atendam a esses requisitos, a escolha, neste estudo, pelo foco no processo de mudanças climáticas globais se justifica por uma razão principal: a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) é um impasse que tem por natureza uma escala global. Portanto, sua solução envolve questões abrangentes como o maior nível de conscientização da sociedade, regulações, incentivos e políticas, mas fundamentalmente mudanças nas rotinas de firmas de todos os tipos, origens e tamanhos.

Diante da necessidade cada vez maior de transformar os atuais sistemas tecnológicos, principalmente em economias emergentes, muito do conhecimento em tecnologias de mitigação possui um considerável potencial de comercialização e difusão internacional. Esse conhecimento se posiciona no centro das estratégias de diversificação e busca tecnológica das firmas, mas também é justificado pela relevância cada vez maior dos mercados para a tecnologia, que permitem que pesquisa e desenvolvimento (P&D) e ativos complementares necessários para a inovação sejam constantemente integrados dentro das empresas.

As mudanças climáticas atuam como um fator exógeno capaz de afetar o grau e a direção dos processos de busca tecnológica em diversas dimensões: no nível da firma, conduz a um

esgotamento tecnológico: no nível dos mercados, altera a distribuição de incentivos; e, no nível do sistema, modifica as condições de oportunidade tecnológica. Portanto, a absorção e o acúmulo de conhecimentos em tecnologias de mitigação são aspectos críticos para a maioria das firmas, seja como uma estratégia de crescimento via exploração de mercados, produtos e serviços, ou como um mecanismo para monitorar a emergência de tecnologias com potencial de tornar suas competências atuais obsoletas.

A partir deste contexto preliminar, esta tese tem como objetivo investigar se a diversificação de competências das firmas é afetada pela busca tecnológica em áreas de mitigação das mudanças climáticas. Desta maneira, o trabalho procura determinar em que medida a capacidade das firmas em explorar conhecimentos externos determina a sua diversificação nessas tecnologias. Essa proposta de investigação se apresenta como relevante dada a necessidade de investigações mais extensivas do processo de diversificação tecnológica das firmas. Por isso, o trabalho soma esforços no sentido de ampliar o escopo dos determinantes da diversificação. A análise empírica ampliada dos efeitos e da capacidade de explorar novos conhecimentos das firmas sobre sua diversificação assegura a pertinência para a literatura.

Sobre os procedimentos metodológicos, um aspecto crítico é o acesso a uma fonte de dados que permita lidar de forma adequada com essas questões. Entre as opções disponíveis, os dados de patentes se mostram uma fonte privilegiada de acesso a informações sobre atividade tecnológica. A vantagem do uso de patentes para a realização dos objetivos deste trabalho é a sua abrangência e a possibilidade de análises que tenham como escopo um grupo variado de tecnologias. Os documentos de patentes contêm informações e descrições detalhadas sobre as tecnologias, os dados de seus proprietários e a relação entre prioridades e famílias de patentes. Deste modo, a sistematização das informações contidas nos registros administrativos permite uma análise com abrangência espacial e temporal única.

Por conseguinte, foi constituído um banco de dados original com informações de documentos de patentes que possuem campos técnicos (IPC) classificados pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI) como Tecnologias Ambientalmente Saudáveis (TAS), conforme listado pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC). A partir do tratamento dessas informações, foi possível efetuar a análise do portfólio das firmas nesses campos tecnológicos em todo o mundo.

O processo de amostragem envolveu a seleção das firmas que possuem as maiores famílias de patentes nessas tecnologias em todo mundo. A estratégia das firmas em criar famílias de patentes possui importantes significados econômicos, que não se resumem à simples procura por maiores níveis de apropriabilidade. Desta forma, a análise da construção de famílias de patentes é um importante meio para se compreender como as firmas conduzem processos de busca sobre suas fronteiras tecnológicas.

Enquanto o portfólio de patentes prioritárias pode evidenciar o grau de diversificação das firmas nessas tecnologias, a estimativa da distância tecnológica entre o portfólio de patentes prioritárias e suas respectivas famílias pode revelar a capacidade das firmas em explorar conhecimentos externos. Em outras palavras, as distâncias tecnológicas mais longas refletem os resultados de uma busca mais exploratória, enquanto as mais curtas refletem os resultados de busca exploratória.

A principal contribuição deste trabalho consiste em investigar o efeito da atividade de busca tecnológica conduzida pelas firmas no nível de diversificação de competências em tecnologias de mitigação. Ao compor um conjunto de esforços nesse sentido, o trabalho procura interpretar os padrões de diversificação e a busca tecnológica a partir de um conjunto heterogêneo de firmas e tecnologias, mas também como a mudança na relação entre essas variáveis ao longo do tempo repercute no debate teórico e empírico.

O alcance do objetivo proposto tem uma importante implicação para o debate sobre como as firmas lidam com a tensão permanente entre a necessidade de manutenção de uma base de conhecimentos coerente e as capacitações para distribuir seus investimentos em muitos campos tecnológicos. Essa tensão está intimamente relacionada ao reconhecimento dos limites que a capacidade de absorção potencial das firmas impõe à sua expansão tecnológica. Do ponto de vista empírico, esse debate envolve o exame da hipótese de uma relação não linear entre as variáveis diversificação e busca tecnológica, bem como a avaliação de quão longe esta relação curvilínea se mantém em diferentes contextos.

Em termos de estrutura, este documento é dividido em quatro capítulos, além desta introdução. O primeiro capítulo – *Diversificação, coerência e busca tecnológica* – tem como finalidade introduzir e revisar os fundamentos teóricos principais que subsidiam o debate sobre diversificação e busca tecnológica, contextualizar as principais influências teóricas e

sintetizar alguns estudos precursores. O capítulo ainda discute a noção de coerência, a incorporação da variável *conhecimento organizacional*, as principais contribuições para a noção de busca tecnológica e sua relação com capacidade de absorção.

O segundo capítulo – *Mudanças climáticas e busca em tecnologias de mitigação* – introduz o debate sobre as mudanças climáticas e sua relevância, as principais questões envolvidas no papel das inovações e os efeitos das transformações no ambiente tecnológico e na estratégia das firmas. O capítulo é apresentado em três seções que abordam as questões fundamentais do debate sobre as mudanças climáticas, os aspectos teóricos e conceituais das tecnologias de mitigação das mudanças climáticas, e, por fim, como as mudanças climáticas atuam como um fator externo que afeta o processo de busca tecnológica.

No capítulo terceiro – *Fontes de informação e base de dados* – são abordadas as questões metodológicas do uso e tratamento dos dados propostos pelo trabalho. Diante das limitações nos estudos existentes na literatura e da ausência de evidências mais abrangentes, o capítulo discute como é estruturada uma base de dados que procura preencher essa lacuna. Além disso, aborda as possibilidades e limitações das fontes de informação adotadas, o método para a construção da base e sua descrição.

Já no quarto capítulo – *Busca tecnológica como determinante da diversificação* – são apresentadas e debatidas as principais implicações desta pesquisa. O capítulo trata, a partir de uma perspectiva empírica, de como o processo de busca determina a diversificação tecnológica. Para tanto, procura demonstrar como variáveis são operacionalizadas, as especificações do modelo teórico adotado, os principais resultados alcançados e suas interpretações.

1 DIVERSIFICAÇÃO, COERÊNCIA E BUSCA TECNOLÓGICA

O objetivo deste capítulo é introduzir e revisar a literatura que subsidia o debate sobre diversificação e busca tecnológica. A primeira seção procura construir uma contextualização das principais influências teóricas e uma síntese dos estudos precursores. Na segunda, discute-se como as abordagens interpretaram o processo de evolução das firmas a partir da noção de coerência. Uma introdução ao conceito de diversificação e a incorporação da variável *conhecimento organizacional* é realizada na terceira seção. A quarta, por sua vez, discute as principais contribuições para a noção de busca tecnológica, enquanto a quinta seção relaciona o debate sobre a busca exploratória com a ideia de capacidade de absorção.

1.1 Influências teóricas e estudos precursores

As principais abordagens modernas sobre recursos e competências das firmas guardam em comum a profunda influência das contribuições de Penrose (2009). Ao explicar as razões que limitam ou promovem o crescimento das firmas, seu trabalho revelou de forma original o papel central exercido pelos recursos produtivos internos. Desta forma, o crescimento das firmas é determinado pelas oportunidades produtivas do ambiente, dado o conjunto de recursos produtivos que elas controlam, e pela estrutura administrativa que coordena a utilização destes recursos.

A partir dessa perspectiva, as firmas são percebidas como uma *coleção de recursos produtivos* à disposição de diferentes usos ao longo do tempo e mobilizados por decisões administrativas autônomas. Como resultado, o crescimento das firmas também é a consequência do aproveitamento de um *excesso de capacidade*, ou seja, economias decorrentes da utilização de capacidade ociosa, que a firma emprega na medida em que os mercados vão se tornando menos lucrativos e as perspectivas de novos mercados mais atraentes (PENROSE, 2009).

Uma vez reconhecido que as firmas não devem ser definidas em termos de seus produtos, mas de seus recursos, e dada a versatilidade potencial destes últimos, as condições de demanda não podem limitar a expansão das firmas. Em outras palavras, o resultado dessa dinâmica interna é que o crescimento das firmas deixa de estar limitado pela demanda existente e não mais se restringe aos produtos que já compõem o seu portfólio (PENROSE, 2009).

Esse argumento contestou a literatura econômica hegemônica à época, que afirmava que quanto maior fosse o número de atividades às quais a firma dedicasse seus recursos, mais ineficientes e menos produtivas elas seriam. Nesse modo interpretativo, baseado em pressupostos de mercados perfeitamente competitivos e alocação ótima de recursos, os limites à expansão se devem: i) às dificuldades gerenciais que causam custos de produção crescente no longo prazo; ii) aos problemas de mercado, que geram diminuição das receitas de vendas; e iii) à existência de incertezas sobre as perspectivas futuras (PENROSE, 2009).

De acordo com Penrose (2009, p. 11), para que deseconomias gerenciais causem custos crescentes a longo prazo, esse gerenciamento precisa ser tratado como um fator fixo, e essa suposição nunca foi satisfatoriamente confirmada numa perspectiva teórica. O principal argumento da autora nesse sentido é que as funções e a base da estrutura administrativa das firmas são submetidas a processos de reorganização de modo a capacitá-las para lidar com esse crescimento.

Uma característica decisiva das firmas é o seu papel como “unidade de planejamento administrativo autônomo” em que as atividades estão inter-relacionadas e coordenadas por políticas que são moldadas à luz de seus efeitos para organização com um todo. Nessa estrutura, a administração central é responsável por definir o escopo da firma e suas políticas gerais, além de deliberar sobre assuntos que não são passíveis de atribuição aos seus executivos (PENROSE, 2009, p. 14).

Essa perspectiva também foi compartilhada por Chandler (1962), ao demonstrar que as *estruturas organizacionais* e o uso desses recursos resultam em diferentes formas de crescimento, pois cada modo pelo qual a firma é administrada segue uma *estratégia* de longo prazo e uma alocação de recursos necessários para a sua realização. Como resultado, a *estrutura corporativa* e a *estratégia* se desenvolvem conjuntamente a fim de responder às mudanças das condições do ambiente.

De acordo com essa abordagem, o crescimento via novas linhas de negócios requer uma estrutura de divisão de produtos que favoreça o desenvolvimento de um conjunto de recursos gerenciais internos que a firma utiliza para entrar em novos mercados. Esses recursos são frequentemente descritos como *habilidades gerais de gerenciamento* e constituem uma

característica intrínseca das firmas modernas¹. Como destaca Rumelt (1974, p. 157), o desenvolvimento e a utilização eficaz dessas habilidades é a preocupação principal das firmas que objetivam o crescimento por diversificação ou participação em novas tecnologias, que rapidamente produzem a proliferação de novos produtos.

Da mesma forma, essas habilidades podem ser vistas como competências técnicas e representam um insumo crítico a ser utilizado para fomentar a diversificação, especialmente quando se considera a tendência das firmas em entrar em indústrias caracterizadas por um rápido crescimento e mudança técnica. Para Gort (1962, p. 6–7), as firmas que empregam um volume relativamente grande de pessoal técnico em suas atividades principais estão em uma melhor posição para ingressar em indústrias que se revelaram mais atrativas à diversificação e, desta forma, diversificam mais frequentemente que as demais firmas.

A diversificação nesse sentido assume o formato de uma *política geral de crescimento*, na qual as firmas planejam estar constantemente buscando e capturando novos investimentos lucrativos. As firmas têm a convicção de que o crescimento lucrativo no longo prazo pode ser mais bem assegurado pela diversificação, que também as protege contra mudanças que afetam negativamente a demanda de seus produtos. Entretanto, antes de objetivar o lucro, essa política é motivada pela possibilidade de libertar as firmas das restrições à sua expansão, impostas pela demanda dos produtos que compõem seu portfólio (PENROSE, 2009, p. 127).

O debate teórico sobre a diversificação corporativa influenciou e foi influenciado por uma extensa literatura empírica desde os anos 1960. O estudo de Gort (1962), a partir de uma amostra de 111 grandes firmas industriais nos Estados Unidos entre 1929 e 1954, percebeu que o seu grau de especialização declinou, ou seja, a diversificação aumentou ao longo do tempo. Também constatou que essa diversificação aconteceu em setores com rápidas mudanças tecnológicas. Já o trabalho de Rumelt (1974), examinando as informações das 280 maiores firmas norte-americanas listadas na revista Fortune entre 1949 e 1969, desenvolveu uma classificação para grupos de firmas com base nas suas estratégias de diversificação². Seus resultados mostram que a maioria das firmas se diversificou significativamente e esse

¹ O uso dessas habilidades foi observado em estudos posteriores para explicar a expansão internacional de corporações multinacionais (DUNNING; LUNDAN, 2008).

² Originalmente: *single, dominant, related e unrelated business*. Adicionalmente, oito subcategorias são construídas.

movimento foi acompanhado por um amplo processo de adoção de uma estrutura de divisão por produto.

Sem a pretensão de realizar uma revisão exaustiva de toda literatura subjacente, é possível sistematizar o debate empírico em torno de duas questões principais: a identificação de padrões evolutivos da diversificação e os efeitos sobre o desempenho da firma (medido por lucros, produtividade e retorno de ações)³. Sobre a primeira questão, constatou-se que as diversificações das firmas se tornaram mais *coerentes* ou *intencionais* durante as décadas de 1980 e 1990 (como será discutido na próxima seção). Sobre a segunda questão, o desempenho das firmas tende a estar positivamente relacionado com a diversificação, mas os resultados são menos conclusivos (TORRISI; GRANSTRAND, 2004, p. 30).

Uma dificuldade na generalização e compatibilização dos resultados da diversificação corporativa é a variedade de definições e mensurações adotadas, que dependem do agrupamento de produtos ou linhas de negócio que são relevantes para a análise em questão. Essa variedade é percebida nos principais estudos sobre o tema. No caso de Gort (1962, p. 9), a diversificação foi definida como “um aumento na heterogeneidade de produtos do ponto de vista do número de mercados por ele servidos”. Segundo o autor, dois produtos são vendidos em mercados distintos se suas elasticidades cruzadas da demanda são baixas e se, no curto prazo, os recursos empregados na produção e distribuição de um produto não sejam deslocados para o outro. Já em Berry (1971), a diversificação foi definida como o número de indústrias nas quais uma firma é ativa. Para Kamie e Schwartz (1975, p. 13), a diversificação é a medida usada para identificar as firmas classificadas em uma determinada indústria, mas que também produzem bens classificados como pertencentes a outros tipos de indústrias. Um aspecto comum nessas definições é o fato de as fronteiras da indústria e dos mercados serem conhecidas previamente.

Autores também utilizaram o conceito de *negócios* ao invés de *indústrias* para definir a diversificação. Ansoff (1957, 1958) definiu a diversificação como o processo de entrada em uma nova área de mercado e/ou de produtos que são novos para a empresa, mas não necessariamente novos para os mercados. Para Pitts e Hopkins (1982), a diversificação é a

³ Para uma revisão ampliada acerca da literatura empírica, vide: Torrissi e Granstrand (2004).

medida em que firmas operam em diferentes negócios simultaneamente. Ramanujam e Varadarajan (1989, p. 525) definem diversificação como a entrada de uma firma ou unidade de negócios em novas linhas de atividade. Essa entrada implica em mudanças no sistema, na estrutura administrativa e em outros processos gerenciais, já que a ampliação nas linhas de produtos sem implicações organizacionais não a qualifica como uma diversificação nos negócios.

Para efeito geral, pode-se dizer que uma firma diversifica suas atividades produtivas sempre que, sem abandonar inteiramente suas linhas de produto antigas, ingressa na produção de novos produtos, incluindo produtos intermediários, que são suficientemente diferentes dos outros produtos que mantém em seu portfólio, implicando em alguma diferença significativa em sistemas de produção ou distribuição (PENROSE, 2009). Por outro lado, não é possível nem desejável tentar estabelecer qualquer significado absoluto para diversificação⁴, pois qualquer análise comparativa da abrangência de diversificação, ou de estudos estatísticos do número de diferentes produtos por firmas terá sua utilidade limitada se não conhecermos informações específicas sobre as firmas e seus produtos.

1.2 Coerência e inter-relacionamento de conhecimentos

As questões analisadas pelos estudos precursores induziram a uma nova agenda de pesquisa com ênfase na evolução da diversificação corporativa ao longo do tempo e na identificação de padrões nesse processo. Uma questão central dessa agenda se refere ao modo não aleatório pelo qual as atividades são incorporadas pelas firmas, diante da constatação de que a escolha dessas atividades tende a seguir alguma *finalidade* e de que esse comportamento pode ser utilizado para testar hipóteses sobre o seu desempenho (SCOTT, 1993, p. 2). Desta forma, as firmas tendem a apresentar alguma *coerência* na escolha das atividades em que estão envolvidas (MACDONALD, 1985; TEECE *et al.*, 1994), ou seja, as firmas crescem diversificando, mas mantêm um nível constante de coerência entre as atividades que estão no seu entorno, no sentido de que existem certas características tecnológicas e de mercado comuns.

⁴ Para determinados fins, uma firma que produz apenas sapatos poderá ser considerada não diversificada, enquanto que, para outros propósitos, uma firma que produz todos os tamanhos e variedades de sapatos para todas as idades e sexos pode ser considerada significativamente diversificada (PENROSE, 2009, p. 95).

A investigação mais influente desse comportamento foi originalmente proposta por Teece *et al.* (1994), a partir do desenvolvimento de um método para a mensuração do inter-relacionamento de atividades. Os autores demonstram que o modelo de diversificação predominante nas organizações é a expansão por meio da adição de atividades relacionadas, sendo esse o ponto de partida para o tratamento adequado de características importantes das grandes firmas modernas, como o seu escopo multiproduto e a distribuição não aleatória de seu portfólio⁵.

Essa contribuição de Teece *et al.* (1994) é importante não apenas pela maneira pela qual operacionaliza a noção de coerência corporativa, mas principalmente por colocar esse conceito no centro das agendas da pesquisa, e, além disso, estabelecer os primeiros passos para propor os elementos constitutivos de uma teoria da coerência corporativa (FOSS; CHRISTENSEN, 2001, p. 217).

Para medir o inter-relacionamento das atividades, o método de Teece *et al.* (1994) é inspirado no *princípio do sobrevivente* de Stigler (1983), que afirma que a competição econômica conduzirá ao desaparecimento de formas organizacionais relativamente ineficientes. Desta forma, é assumido que as atividades mais relacionadas serão, com maior frequência, combinadas dentro da mesma corporação. Para tanto, se as firmas que se dedicam à atividade “A” quase sempre se envolvem na atividade “B”, pode-se concluir que estas atividades são fortemente relacionadas. Inversamente, as atividades que raramente ou nunca são combinadas são não relacionadas.

Em termos formais⁶, pode-se considerar que K é o universo de firmas ativas em dois ou mais setores industriais, considerando que as firmas não diversificadas foram omitidas. Desta forma, tem-se que $C_{ik} = 1$, se a firma k é ativa na indústria i , e $C_{ik} = 0$, caso contrário. Sendo o número de atividades na firma k determinado por $m_k = \sum_k C_{ij}$ e o número de atividades

⁵ É possível constatar, por exemplo, que *Shell Oil Company* tem atuado no negócio do petróleo (exploração, produção, refinação e comercialização de produtos do petróleo) por quase um século e a IBM atuado em tecnologias de informação por quase meio século. Por outro lado, é intrigante que, ao longo da história, a *Shell Oil* não tenha produzido joias e a IBM não tenha fabricado automóveis (TEECE *et al.*, 1994, p. 2).

⁶ Deste parágrafo em diante, procura-se delinear o método de Teece *et al.* (1994), portanto, deve-se reconhecer o propósito em retratar, minuciosamente, etapas e a estrutura do texto original.

diversificadas na indústria i dado por $n_i = \sum_k C_{ik}$, tem-se que o número de firmas que são ativas em ambos os setores é representado por $J_{ij} = \sum_k C_{ik}C_{jk}$.

A contagem de ocorrências conjuntas das indústrias i e j pode ser usada para construir uma medida de inter-relacionamento. Uma escolha inicial é dada por $P(j/i)/J_{ij}/n_i$ que é a probabilidade condicional de que uma firma esteja ativa na indústria j , dado que ela é ativa na indústria i . Infelizmente, $P(j/i) = P(i/j)$ dado que em geral $n_i = n_j$. Desta forma, o valor observado de J_{ij} pode ser comparado ao valor que seria esperado sob a hipótese de que a diversificação é aleatória.

A intuição mais forte é que J_{ij} aumenta com o inter-relacionamento de i e j , mas também pode se esperar que aumente com n_i e com n_j . Por fim, a informação em J_{ij} sobre inter-relacionamento pode ser extraída comparando-a com o número de ligações que seriam observadas para um determinado n_i , n_j e K em que não houvesse nenhum inter-relacionamento, isto é, se os setores fossem aleatoriamente designados às empresas.

Para operacionalizar a hipótese aleatória, se supõe que n_i e n_j são fixos. Uma amostra de tamanho n_i , sem substituição, é extraída de uma população de K firmas e aos escolhidos são atribuídos atividades na indústria i . Em seguida, uma segunda amostra independente de tamanho n_j , também sem substituição, é extraída de uma população de K firmas. As atividades escolhidas são atribuídas à indústria j . Diante deste esquema, o número x_{ij} de firmas ativas em ambos os setores i e j é uma variável aleatória hipergeométrica com população K , membros especiais n_i , e tamanho da amostra n_j , ou seja,

$$\Pr[X_{ij} = x] = f_{hg}(x, N, n_i, n_j) = \frac{\binom{n_i}{x} \binom{K - n_i}{n_j - x}}{\binom{K}{n_j}} \quad (1)$$

A média e a variância de X_{ij} são dadas por:

$$\mu_{ij} = E(X_{ij}) = \frac{n_i n_j}{K}, \quad \sigma_{ij}^2 = \mu_{ij} \left(1 - \frac{n_i}{K}\right) \left(\frac{K}{K-1}\right) \quad (2)$$

Se o número real de *links* observados entre o setor i e setor j excede de forma ampla o número esperado μ_{ij} , os dois setores estão fortemente inter-relacionados. Ou ainda, quanto maior

número de t_{ij} diferente de zero, mais forte é a rejeição da hipótese de diversificação aleatória. Como resultado, a medida de inter-relacionamento é dada por:

$$t_{ij} = \frac{J_{ij} - \mu_{ij}}{\sigma_{ij}} \quad (3)$$

Teece *et al.* (1994), por meio deste método, rejeitaram a hipótese de diversificação aleatória, ou seja, os padrões de diversificação observados parecem estar significativamente mais relacionados do que aconteceria sob a hipótese de aleatoriedade. Com base nesse método, outros autores confirmaram que a diversificação se desenvolve de forma coerente e não aleatória, como o estudo de Piscitello (2000) a partir de uma amostra das maiores firmas em escala internacional e o trabalho Breschi, Lissoni e Malerba (2003), com uma amostra de patentes distribuídas em 30 campos técnicos.

Para analisar a coerência tecnológica das firmas, discutem-se dois indicadores principais. O primeiro indicador afere a média ponderada do relacionamento (*weighted-average-relatedness*, WAR) de determinada atividade tecnológica da firma, fora de uma da classe i , com a mesma atividade da firma nessa classe, podendo ser definida como:

$$WAR_i = \frac{\sum_{j \neq i} \tau_{ij} e_j}{\sum_{j \neq i} e_j} \quad (4)$$

Onde τ_{ij} é a medida de relacionamento entre as tecnologias i e j , enquanto e_j mede o número de patentes depositadas pela firma em questão. Esse indicador estabelece o grau em que a atividade i está relacionada com todas as outras atividades da firma. Para obter um indicador de coerência tecnológica geral, é preciso calcular um valor médio de WAR_i para cada firma. Outros valores médios podem ser calculados por categorias, como tamanho da firma e similaridades no padrão de diversificação ou perfil tecnológico.

Enquanto a vantagem do índice WAR_i é a sua simplicidade, sua desvantagem é depender da extensão da diversificação da firma individual. Como resultado, quanto mais atividades a

firma inclui no seu portfólio, maiores são os *links fracos* entre essas atividades e a atividade i , gerando progressiva diminuição do valor do índice WAR_i estimado⁷.

Com o objetivo de corrigir esse problema, Teece *et al.* (1994) propõem um novo indicador denominado média ponderada de inter-relacionamento da vizinhança (*weighted-average-relatedness of neighbours*, WARN). O aprimoramento consiste em considerar apenas aqueles *links* que pertencem a uma árvore de extensão máxima, ou seja, os $(n - 1)$ elos que são estritamente necessários para criação de um grafo conectado entre as k atividades tecnológicas da firma, e, ao mesmo tempo, mostrar os maiores τ_{ij} valores. A partir do cálculo da árvore de extensão mínima para cada conjunto de n campos tecnológicos, é possível calcular o índice de WARN para cada atividade i da firma k da seguinte forma:

$$WARN_i = \frac{\sum_{j \neq i} \tau_{ij} e_j \lambda_{ij}}{\sum_{j \neq i} e_j \lambda_{ij}} \quad (5)$$

Onde $\lambda_{ij} = 1$ se o elo entre i e j pertence à árvore de extensão mínima que se relaciona às K atividades da firma e $\lambda_{ij} = 0$, caso contrário. Neste momento é importante observar que para as firmas que possuem atividades em apenas duas classes, há apenas um *link* para ser incluído seja no WAR ou WARN. Nesse caso, não existe diferença entre os índices.

Os exercícios empíricos no nível da firma propostos por Breschi, Lissoni e Malerba (2004) revelam que quanto maior o número de atividades que a firma está envolvida menor será a média de WAR; por outro lado, o inverso acontece com o WARN médio. Esse resultado confirma a suspeita de que os índices WAR subestimam o grau de coerência das firmas, porque levam em conta uma série de relacionamentos “redundantes” entre as classes tecnológicas nas quais as empresas estão ativas, isto é, relações que não pertencem à árvore de expansão máxima.

Essa noção de coerência corporativa é concebida a partir de um contexto de firma multiproduto e divisionalizada, que depende de sua capacidade de gerar e explorar *sinergias* de vários tipos. Convencionalmente, os estudos empíricos mensuram essa capacidade como uma *proxy* de inter-relacionamento de produtos, ou seja, pela capacidade das firmas em

⁷ Um teste empírico deste efeito pode ser consultado no anexo de Breschi, Lissoni e Malerba (2004).

aproveitar economias de escopo. Para a literatura sobre eficiência da organização (PANZAR; WILLIG, 1981; WILLIG, 1979), a existência de economias de escopo resulta do fato de a produção conjunta de dois bens em uma firma ser menos onerosa do que os custos combinados de produção de duas empresas especializadas. Para Willig (1979, p. 346), se $C(q_1, q_2)$, dado que o custo de produção minimizado da firma na fabricação de q_1 unidades do *bem 1* conjuntamente com q_2 unidades do *bem 2*, existem economias de escopo na produção dos *bens 1* e *bens 2* quando:

$$C(q_1, q_2) < C(q_1, 0) + C(0, q_2), \quad q_1 > 0, \quad q_2 > 0 \quad (6)$$

Contudo, a existência de economias de escopo não oferece condições necessárias nem suficientes para a redução de custos alcançada por meio da fusão de duas ou mais firmas (TEECE, 1980). As economias de escopo, nas atividades mantidas pela firma, não podem ser obtidas apenas por funções de custo, e, ainda que essas funções sintetizassem as informações econômicas relevantes da firma, elas não contemplam um elemento central que é a sua *tecnologia organizacional*⁸. Em outras palavras, qualquer análise dessa coerência no processo de diversificação das firmas deve considerar principalmente o conhecimento no qual elas estão baseadas.

Desta forma, é excessivamente restritivo interpretar a geração de sinergias como economias de escopo, ao mesmo tempo em que as medidas de inter-relacionamento de produtos são um indicador insuficiente dessa sinergia. A justificativa é que as economias de escopo, assim como discutidas pela literatura convencional, se limitam a economias de compartilhamento de ativos, na sua maioria, tangíveis. Em outras palavras, economias de escopo constituem uma interpretação bastante estática de sinergias (FOSS; CHRISTENSEN, 2001, p. 214).

Para uma abordagem da firma multiproduto divisionalizada que incorpore adequadamente a variável *tecnologia organizacional*, é preciso uma interpretação muito mais dinâmica das sinergias que constituem a coerência corporativa⁹. Essas sinergias estão relacionadas à

⁸ Posteriormente, Panzar e Willig (1981, p. 272) incorporam as críticas de Teece (1980) ao afirmar que a aplicação restrita do conceito de custos de produção pode mascarar fatores econômicos que influenciam as economias de escopo para as firmas.

⁹ A firma multidivisional é um modo eficiente de organização, dada sua capacidade de: i) gerar economias de escala na produção de dois ou mais produtos que dependem de uma base de *know-how* de propriedade comum e

capacidade sistêmica das firmas em gerar e explorar complementaridades entre os estoques de conhecimento, e que dependem do processo de aprendizagem organizacional, da trajetória e do ambiente de seleção (HODGSON, 1998).

Portanto, essas sinergias variam entre as firmas de acordo com: i) o processo de aprendizagem, que pode ser lento ou rápido, dependendo das rotinas internas e das oportunidades tecnológicas disponíveis para a firma; ii) a dependência de trajetória (*path dependence*) que pode ser alta ou baixa, estreita ou larga, dependendo da natureza das competências existentes, dos ativos complementares, da natureza e da riqueza das oportunidades tecnológicas; e iii) o ambiente de seleção, que pode ser forte ou fraco, dependendo das forças competitivas, do papel das políticas públicas, e da natureza do desenvolvimento tecnológico.

Esse modelo interpretativo requer que as firmas sejam percebidas não como um conjunto de “respostas individuais e organizacionais para os problemas relacionados com a informação”, mas essencialmente como um *repositório de conhecimentos* (FRANSMAN, 1994, p. 715), ou seja, agrupamentos de recursos intangíveis e rotinas organizacionais de difícil imitação e transferência. Esse conhecimento tem como característica ser altamente específico, diferenciado e persistente ao longo do tempo, e sua acumulação um processo marcado por *path dependence*, tacitividade, idiosincrasias e complexas interações (DOSI; NELSON; WINTER, 2001; NELSON; WINTER, 1982).

A partir dessa concepção da natureza da firma, Breschi, Lissoni e Malerba (2003) procuraram comprovar empiricamente a hipótese do inter-relacionamento do conhecimento como fator-chave do modo como as firmas expandem suas atividades inovativas. Segundo os autores, a partir desta constatação, a coerência na diversificação pode ser tratada de duas formas principais. Na forma denominada *fraca*, introduzida por Teece *et al.* (1994), uma firma exibe coerência quando as suas atividades tecnológicas estão atribuídas de forma *não aleatória* entre os campos técnicos. Nessa definição, a coerência nas atividades tecnológicas é avaliada a partir da comparação com uma situação em que a firma escolhe seu portfólio de atividades de forma aleatória. Já na forma *forte*, as firmas exibem coerência quando suas atividades estão

constante troca e ii) utilizar ativos especializados e indivisíveis como um insumo comum na produção de dois ou mais produtos (TEECE, 1980, p. 241).

relacionadas, ou seja, compartilham de algumas características comuns ou complementares. Segundo essa definição, a coerência deve ser investigada fundamentalmente a partir do inter-relacionamento de conhecimentos. Como resultado, o método de Teece *et al.* (1994) é capaz de indicar se as atividades tecnológicas de uma determinada amostra de firmas seguem alguma lógica, uma vez que elas não são distribuídas aleatoriamente entre as áreas tecnológicas, mas, em contrapartida, o método não está apto a identificar o tipo de lógica seguido pelas atividades tecnológicas da firma.

Esse inter-relacionamento pode decorrer da produção de tecnologia ou das propriedades da base de conhecimento. No primeiro caso, o inter-relacionamento é resultado das complementaridades existentes entre diversas tecnologias, sendo também uma condição para que as firmas produzam bens e serviços modernos (MILGROM; ROBERTS, 1990; SCOTT, 1993). Em muitos casos, o inter-relacionamento é uma consequência da utilização de tecnologias genéricas para a produção de diferentes produtos e processos, como é o caso de tecnologias de propósito geral, caracterizadas pela alta pervasividade e complementariedade¹⁰.

No segundo caso, o inter-relacionamento se deve ao fato de que as tecnologias que compartilham bases de conhecimento comuns ou complementares são fundamentadas em princípios científicos similares ou têm heurísticas de pesquisa semelhantes. Em muitas situações, diferentes tecnologias demandam a mesma infraestrutura de pesquisa, compartilham os mesmos insumos científicos e acessam as mesmas fontes de conhecimentos, como universidades, institutos de pesquisa, clientes e fornecedores (BRESCHI; LISSONI; MALERBA, 2004).

O inter-relacionamento de conhecimentos também se deve ao processo de aprendizagem resultante da *proximidade*. Esse processo pode tanto ser *não intencional* (*learning spillovers*) quanto intencional, como é o caso do aprendizado local. No primeiro caso, o aprendizado é resultado do transbordamento de conhecimentos de uma determinada tecnologia para outra. Já no segundo, é resultado de buscas realizadas no entorno de onde as tecnologias são

¹⁰ As tecnologias de propósito geral (*General Purpose Technologies*, GPT), como a máquina a vapor, o motor elétrico e os semicondutores, também são reconhecidas pelo seu potencial para melhorias técnicas e retornos crescentes de escala (BRESNAHAN; TRAJTENBERG, 1995).

desenvolvidas, e as atividades de inovação ocorrem de forma incremental (BRESCHI; LISSONI; MALERBA, 2004).

1.3 Diversificação corporativa e diversificação tecnológica

As interpretações do modo pelo qual as firmas expandem suas atividades ao longo do tempo se desenvolveram em paralelo com um importante esforço de identificação das causas e consequências da diversificação como um fenômeno inerente à atividade das firmas. Esse esforço também incluiu a identificação das diferenças entre modos de diversificação e seus efeitos sobre as firmas.

Como foi demonstrado, as análises teóricas e empíricas da diversificação corporativa possuem longa tradição na literatura. Já no caso da diversificação tecnológica, as abordagens teóricas e empíricas são relativamente mais recentes e surgem a partir de duas motivações principais. Primeiro, pelo reconhecimento do papel exercido pela variável *conhecimento organizacional*. Segundo, pela necessidade de análises que considerem mais adequadamente os mecanismos de criação, captura e acumulação de conhecimento por parte das firmas (HODGSON, 1998; NELSON; WINTER, 1982; TEECE, 1982).

O reconhecimento da variável *conhecimento organizacional* está contextualizado num debate mais amplo sobre a importância cada vez maior do conhecimento científico e tecnológico como elemento chave para o crescimento econômico moderno. Nesse ambiente, as firmas são posicionadas como agentes centrais, dada sua capacidade de produzir e aplicar esses conhecimentos de forma sistemática para fins econômicos. Essas firmas evoluem num processo caracterizado pela integração de *corpos de conhecimento* previamente separados e que possuem aplicação comercial. Para tanto, a disposição e o acesso a uma variedade de recursos é um fator chave que influencia a vantagem competitiva e a sobrevivência das firmas ao longo do tempo (DOSI; TEECE; CHYTRY, 2004; NELSON; WINTER, 2002).

Deste modo, a diversificação tecnológica pode ser percebida como a expansão das competências tecnológicas da firma numa ampla gama de áreas técnicas. Como consequência, o processo de diversificação tecnológica no nível corporativo significa um aumento da diversidade, ou da amplitude (ou largura), da base tecnológica da corporação (GRANSTRAND; OSKARSSON, 1994, p. 355). Como as tecnologias são percebidas como *corpos de conhecimento* técnico, a diversificação tecnológica pode ser classificada como um

caso especial de diversificação do conhecimento ou de diversificação de competências (CANTWELL; GAMBARDELLA; GRANSTRAND, 2004, p. 11).

Para exata compreensão desse processo, é fundamental a distinção entre os *artefatos*, entendidos como os produtos e serviços que as firmas desenvolvem e comercializam, os *conhecimentos tecnológicos* subjacentes a essa capacidade e que são específicos de cada firma, e as *formas e procedimentos organizacionais* que elas utilizam para transformar conhecimentos em produtos e serviços (PAVITT, 1998, p. 435)¹¹.

Como a produção de novos artefatos requer a combinação e integração de uma ampla variedade de conhecimentos tecnológicos, as evidências mostram que a diversificação tecnológica das firmas é geralmente maior do que a diversificação de produtos. Diante da constante incorporação de novas tecnologias¹², grande parte das firmas pode ser considerada multitecnológica, ainda que seja especializada em apenas uma linha de negócios (GRANSTRAND; PATEL; PAVITT, 1997; PATEL; PAVITT, 1997).

A prevalência de firmas multitecnológicas é um fato comum na evolução das indústrias em todo mundo, dada a capacidade que tais firmas possuem de inovar e controlar cada vez mais diferentes campos tecnológicos. Também são características dessas firmas o registro de níveis crescentes de gastos em P&D, forte articulação externa para o desenvolvimento de novas tecnologias e a busca por oportunidades para ingressar em novos mercados a partir do relacionamento de tecnologias (GRANSTRAND; PATEL; PAVITT, 1997).

A diversificação tecnológica das firmas é afetada por forças que são, em parte, diferentes das que regem a diversificação corporativa. Essas forças podem ser divididas em três grupos principais: o primeiro está relacionado à necessidade das firmas em monitorar e/ou absorver novos conhecimentos e a emergência de novas tecnologias; o segundo trata de questões como complexidade tecnológica, modularidade, economias de escala e escopo, apropriabilidade e

¹¹ Todos são necessários, mas nenhum é suficiente por si só. Uma repercussão desse fato sobre estudos empíricos em geral é que um corpo de conhecimento não pode ser facilmente associado a uma classe específica de produtos, como propõe Scherer (1982).

¹² Um exemplo é o aparelho de tear do século XVIII que, comparado com seu equivalente nos dias atuais, incorpora uma quantidade crescente de tecnologias ao longo dos anos, tais como elementos elétricos, eletrônicos e *software* para melhorar a eficiência das suas funções mecânicas (PAVITT, 1998, p. 435).

genericidade das tecnologias; já o terceiro se refere a barreiras à entrada e capacitações organizacionais e mercadológicas (TORRISI; GRANSTRAND, 2004).

Enquanto o primeiro grupo intervém apenas na diversificação tecnológica e o terceiro apenas na diversificação corporativa, o segundo afeta ambas as formas de diversificação. Além disso, as mesmas forças que atuam tanto sobre a diversificação tecnológica como sobre a diversificação de corporativa podem ter um impacto distinto em cada uma delas, o que em parte explicaria as diferenças substanciais entre a diversificação corporativa e tecnológica observadas na literatura empírica. O Quadro 1 sistematiza os modelos conceituais presentes na literatura e indica como as variáveis afetam a diversificação tecnológica e a diversificação de negócios.

Quadro 1 – Variáveis que afetam a diversificação tecnológica e de negócios

Grupo 1	Necessidade em monitorar e/ou absorver novos conhecimentos Emergência de novas tecnologias e impactos sobre incumbentes	Diversificação tecnológica
Grupo 2	Complexidade tecnológica, modularidade, economias de escala e escopo, apropriabilidade e genericidade das tecnologias	Diversificação corporativa
Grupo 3	Barreiras à entrada e capacitações organizacionais e mercadológicas	

Fonte: Torrissi e Granstrand (2004, p. 52). Elaboração própria.

Sobre o primeiro grupo, as variáveis que afetam apenas a diversificação tecnológica estão ligadas às necessidades das firmas em acumular conhecimento fora das suas competências centrais, com o objetivo de assegurar determinado domínio das tecnologias subjacentes a seus produtos e processos. Em muitos casos, ao invés de substituídas, as tecnologias antigas são combinadas às novas para produzirem novos produtos ou aprimorar linhas de negócios existentes. Esse processo de acumulação tecnológica contribui continuamente para ampliar o portfólio tecnológico das firmas (TORRISI; GRANSTRAND, 2004).

Acumular conhecimentos permite à firma antecipar e absorver oportunidades de inovação, mas também monitorar o surgimento de diversos tipos de tecnologias, principalmente as que possuem efeitos disruptivos. Um exemplo desse efeito são as inovações arquiteturais (*architectural innovations*), que modificam a forma como os componentes de um produto são relacionados, mas mantêm intacto o conceito do *design* central e o conhecimento básico dos componentes subjacentes. Essas inovações, que aparentemente envolvem mudanças modestas

nas tecnologias existentes, possuem grandes repercussões sobre a competitividade das firmas (HENDERSON; CLARK, 1990, p. 10)¹³.

A acumulação permite, ainda, que as firmas avaliem, absorvam e integrem conhecimentos externos e que repercutem no seu processo de diversificação¹⁴. Granstrand, Patel e Pavitt (1997, p. 10) revelam que grandes firmas detêm um volume significativo de conhecimentos fora das competências centrais, como é o caso da ampla experiência que as firmas do setor elétrico/eletrônico, químico e automobilístico possuem em maquinaria. Em alguns casos, como os setores de equipamentos para telecomunicação e produção de automóveis, é a própria estrutura da cadeia de fornecimento que exige que as firmas acumulem conhecimentos, especialmente quando os insumos utilizados são muito especializados.

A partir do *Grupo 2*, que relaciona as variáveis que influenciam ambas as formas de diversificação, o fenômeno do aumento da complexidade tem sido amplamente debatido pela literatura (FOSTER; METCALFE, 2004). Tal fenômeno pode expressar diferentes *tipos* de complexidades – dinâmicas ou estáticas – ou diferentes *níveis* de complexidades, divididos em sistemas ou componentes (WANG; VON TUNZELMANN, 2000, p. 805).

De modo geral, sabe-se que a natureza é dotada de organismos e ecossistemas complexos, e os seres humanos têm construído sistemas mecânicos, intelectuais, organizacionais e sociais complexos (LANGLOIS, 2002, p. 20). Em termos conceituais, um sistema é considerado complexo quando é composto por grande número de partes que interagem de forma não simplificada. Nesses sistemas, o todo é mais do que a soma das partes e, dadas suas propriedades e leis de interação, não é trivial inferir sobre suas propriedades como um todo (SIMON, 1996). Desta maneira, a complexidade está relacionada tanto ao número de distintas partes que o sistema compreende, quanto à natureza das interligações e interdependências entre as partes (LANGLOIS, 2002).

¹³ Henderson e Clark (1990) relatam dois casos dos efeitos dessas inovações. Nos anos 1950, a empresa Sony utilizou a tecnologia de receptor de rádio portátil transistorizado mantida pela empresa RCA para entrar no mercado americano. Nos anos 1970, a empresa Xerox, apesar do pioneirismo em fotocopiadora de papel comum, perdeu metade da sua participação do mercado para concorrentes que ofereciam copiadoras menores e mais confiáveis.

¹⁴ Um exemplo é o caso da Ericsson, que detém capacidades tecnológicas e de *design* em semicondutores que são utilizados nos seus telefones celulares, mesmo quando a produção é delegada a terceiros (GRANSTRAND; PATEL; PAVITT, 1997).

Na maioria dos setores industriais, a necessidade de combinação e integração de diferentes tipos de tecnologias em produtos e processos produtivos tem como resultado a diversificação das firmas. Atualmente é cada vez menos provável o surgimento de inovações autônomas, ou seja, que são realizadas de forma independente de outras tecnologias. Da mesma forma, é cada vez mais comum a ocorrência de inovações sistêmicas que são desenvolvidas em conjunto com tecnologias complementares (TORRISI; GRANSTRAND, 2004, p. 53). As inovações sistêmicas ou multi-invenções ocorrem nas indústrias em que a criação de um produto ou processo requer a combinação de um grande número de invenções. Esses ambientes mais complexos exigem das firmas a criação de diferentes arranjos organizacionais para introduzir inovações no mercado (SOMAYA; TEECE, 2008, p. 124).

Para lidar com esse ambiente cada vez mais complexo, a adoção da modularidade consiste na redução do número de diferentes elementos em um sistema, e seu agrupamento dentro de um menor número de subsistemas. A partir deste método, a mudança no *design* do produto tem como objetivo viabilizar uma troca eficiente de componentes numa dada arquitetura (BRUSONI; PRENCIPE; PAVITT, 2001, p. 600; LANGLOIS, 2002). Uma arquitetura modular exige a coordenação organizacional e do conhecimento a ser exercido por um *integrador de sistemas*, que gerencia de forma interativa os atores e as atividades envolvidas (BRUSONI; PRENCIPE, 2001).

Para Simon (1996, p. 216), muitos sistemas observados na natureza possuem uma estrutura de hierarquia que evoluem de sistemas simples para sistemas complexos. A dinâmica desta estrutura possui a propriedade de decomponibilidade (*decomposability*) que simplifica o seu comportamento e sua descrição. Essa propriedade facilita a compreensão e armazenamento das informações necessárias para o desenvolvimento ou reprodução dos sistemas¹⁵. Os modernos sistemas de produção possibilitam um alto nível de modularidade na produção e estimulam a adoção de inovações complementares. A adoção de sistemas modulares é fonte de economias de escopo na medida em que reutiliza insumos em diferentes sistemas

¹⁵ Um exemplo proposto por Simon (1996, p. 188) é o dos relojoeiros Hora e Tempus que, devido às suas reputações, recebem ligações frequentes de seus clientes, situação que os impossibilita seguir a montagem dos relógios de forma ininterrupta. Ainda que os relógios produzidos por ambos tenham a mesma complexidade, Tempus não projeta seus relógios como um sistema decomponível, e cada vez que ele é interrompido, é forçado a abandonar seu trabalho não conseguindo concluir a montagem do relógio no tempo previsto. Já na manufatura de Hora são construídas submontagens que podem ser unidas de modo hierárquico dentro de submontagens maiores. Como resultado, mesmo com interrupções, a maior parte de seu trabalho anterior é preservada.

tecnológicos, reduz os custos de testes de produção e permite a compatibilidade de diferentes elementos dos sistemas.

Ao perseguirem suas estratégias de diversificação tecnológica, as firmas podem escolher diferentes níveis de modularidade e particionamento de tarefas. Essas escolhas se relacionam a estratégias para explorar as complementaridades existentes entre as várias funções da firma, tais como manufatura, engenharia, transporte, processamento de pedidos e comercialização (MILGROM; ROBERTS, 1990, p. 526).

Uma consequência da crescente complexidade é a necessidade cada vez maior de adoção de estratégias de internalização do desenvolvimento e produção de insumos estratégicos. A existência de alta complexidade torna o mercado de tecnologias ineficiente diante da quantidade reduzida de fornecedores externos. Essa interiorização também busca prevenir as firmas quanto à necessidade de transferência de fluxos de conhecimentos estratégicos e de difícil proteção, que podem criar condições para comportamentos oportunistas de terceiros (TORRISI; GRANSTRAND, 2004, p. 49).

A procura por apropriabilidade também constitui uma variável relevante, dado que as firmas podem decidir por uma base diversificada para ampliar a efetividade da apropriação dos retornos dos esforços de inovação e aumentar o seu lucro esperado. Um maior nível de apropriação é resultado da capacidade superior de firmas diversificadas em reconhecer aplicações potenciais dos investimentos em P&D. Essa escolha também pode ter como objetivo a redução dos riscos de fracasso nos investimentos em inovação.

Outra característica das atividades de P&D é a existência de economias de escopo e *spillovers* entre os diferentes projetos, que podem influenciar a escolha do nível de diversificação. Em muitos casos, as firmas podem compartilhar internamente diversos insumos entre diferentes projetos de P&D. Da mesma forma, nem todas as competências específicas e os ativos indivisíveis podem ser adquiridos por meio do mercado (TORRISI; GRANSTRAND, 2004, p. 50).

Em um estudo sobre a atividade de pesquisa da indústria farmacêutica, Henderson e Cockburn (1993, p. 31) concluem que não existem evidências de retornos crescentes de escala ou escopo nos níveis da firma e dos programas de pesquisas. Entretanto, as firmas com esforços de P&D diversificados tendem a usufruir de benefícios como: economias de escala resultantes do

compartilhamento de custos fixos; economias de escopo que emergem da oportunidade de explorar conhecimentos entre as fronteiras dos programas de pesquisa; e aumento da capacidade de absorção de *spillovers* internos e externos.

Também é preciso considerar que muitos insumos utilizados na atividade de P&D não são particionáveis e esforços de pequena escala podem não ser eficientes para o sucesso de um projeto. A diversificação da atividade de P&D em grande escala gera vantagens, pois viabiliza várias investidas em um mesmo objeto. Desta forma, um amplo e diversificado portfólio de projetos de uma firma pode diminuir os riscos da instabilidade dos retornos das atividades de P&D. Como a taxa de crescimento do capital ou das vendas de uma firma é limitado grandes firmas são favorecidas em comparação a menores, pois podem rapidamente investir em um desenvolvimento tecnológico para uma grande quantidade de produtos (NELSON; WINTER, 1982, p. 388).

As investigações empíricas sobre diversificação tecnológica tiveram como ponto de partida os trabalhos pioneiros de Kodama (1986) e Pavitt, Robson e Townsend (1989), que se desdobraram numa ampla e variada linha de investigação. Inicialmente, os trabalhos careciam de fontes de bases de dados e informações, e os estudos foram conduzidos principalmente a partir de *surveys*. A principal limitação desse método é a dificuldade de generalização dos resultados, que são muitas vezes específicos de cada país e quase sempre não fornecem dados de séries temporais¹⁶. Posteriormente, os estudos incorporaram novas fontes de informação, tais como dados financeiros e de patentes. Os primeiros eram obtidos em fontes públicas de empresas de capital aberto, e os segundos extraídos principalmente do UPSTO e escritórios nacionais de propriedade intelectual.

Acerca dos objetivos dessas investigações, as primeiras pesquisas enfatizavam a natureza e determinantes da diversificação tecnológica. Nos estudos posteriores é mais evidente a preocupação com os efeitos da diversificação tecnológica no desempenho da firma, um provável legado do que é o foco de grande parte da literatura empírica sobre diversificação corporativa. A grande maioria dos estudos identificados tem como unidade de análise grandes

¹⁶ De acordo com Breschi; Lissoni; Malerba (BRESCHI; LISSONI; MALERBA, 2004) as dificuldades no uso desses dados e informações explicam, de certa forma, a ampla adoção e a predominância do uso de dados de patentes no período subsequente.

firmas, nos mais diversos setores, cuja origem são países como os Estados Unidos, a União Europeia, o Japão, e, posteriormente, demais países do leste asiático. O Quadro 2 apresenta uma sistematização da literatura principal sobre o tema e os resultados selecionados.

Quadro 2 – Síntese da literatura empírica sobre diversificação tecnológica

Autores	Variáveis relacionadas	Unidade de análise	Fontes de dados	Período	Resultados
Kodama (1986)	Atividade de P&D fora da atividade principal da indústria.	3.803 firmas japonesas com capital maior que 100 milhões de ienes.	<i>Survey of Research and Development</i> (banco de dados sobre P&D).	1982	Existem padrões setoriais de inovação e de transformação industrial ao analisar a distribuição dos gastos de P&D em níveis setoriais agregados.
Pavitt, Robson, Townsend (1989)	Oportunidade tecnológica, tamanho da firma e atividades de P&D.	4.000 inovações e firmas inovadoras no Reino Unido.	<i>SPRU Innovation Survey</i> .	1945-1983	As firmas são mais diversificadas em suas tecnologias do que em seus produtos.
Granstrand, Oskarsson (1994)	Diversificação nos níveis da tecnologia e do produto, gasto em P&D e vendas.	21 grandes firmas suecas de base tecnológica.	<i>Survey</i> .	1980-1989	Diversificação em tecnologia conduz a um aumento nas vendas, ainda que não diretamente, e dos gastos de P&D.
Patel e Pavitt (1997)	Complexidade e <i>path-dependency</i> .	440 grandes firmas (EUA, UE e Japão).	Patentes (USPTO).	1981-1990	Complexidade e <i>path-dependency</i> restringem a busca e a experimentação ao que a firma já conhece.
Gambardella e Torrisi (1998)	Diversificação de negócios.	32 firmas norte-americanas e europeias de setores de quatro indústrias.	Diversos (<i>Agreements, Restructuring and Growth Operations, ARGO</i>).	1984-1992	Um maior enfoque em operações de negócios melhorou o desempenho, que é positivamente correlacionado com a diversificação tecnológica.
Piscitello (2000)	Diversificação de produto, inter-relacionamento e coerência.	248 maiores firmas (EUA, UE e Japão).	Patentes (USPTO) e demais dados (<i>Fortune e Politecnico di Milano</i>).	1977-1995	O processo de diversificação é caracterizado por coerência baseada no produto, mas também pela coerência de base tecnológica.
Breschi, Lissoni, Malerba (2003)	Inter-relacionamento de conhecimentos.	30 setores	Patentes (EPO-CESPRI).	1978-1993	O inter-relacionamento de conhecimento é um fator chave que afeta a diversificação

Autores	Variáveis relacionadas	Unidade de análise	Fontes de dados	Período	Resultados
Piscitello (2004)	Coerência e desempenho econômico.	248 maiores firmas (EUA, UE e Japão).	Patentes (USPTO) e demais dados (<i>Fortune e Reading Database</i>).	1986-1995	tecnológica da firma. Existe uma relação positiva entre diversificação corporativa, coerência e desempenho econômico.
Garcia-Vega (2006)	Atividade inovativa medida por intensidade de P&D e patentes.	54 firmas de 15 países da União Europeia.	Financeiros (OCDE) e Patentes (<i>Departis</i> , base do escritório alemão).	1995-2000	Ambas, a intensidade de P&D e a quantidade de patentes, aumentam com o grau de diversificação tecnológica da firma.
Leten, Belderbos, Van Looy (2007)	Desempenho tecnológico e coerência tecnológica.	184 firmas (norte-americanas, europeias, japonesas) de alto P&D em cinco indústrias.	Patentes (<i>European Patent Office</i> , EPO).	1995-2003	A diversificação tecnológica tem uma relação em forma de U invertido com o desempenho tecnológico. Os benefícios da diversificação tecnológica são maiores em portfólios mais coerentes.
Quintana-García <i>et al.</i> (2008)	Tipos específicos de competência inovadora.	115 firmas norte-americanas de biotecnologia.	Patentes (USPTO).	1976-2002	Diversificação tecnológica tem um efeito mais forte sobre a capacidade exploratória do que sobre a capacidade exploratória de inovação.
Chiu <i>et al.</i> (2008)	Ativos complementares especializados e desempenho da firma.	582 firmas taiwanesas de alta tecnologia.	Financeiros (<i>Taiwan Economic Journal</i> , TEJ) e Patentes (TIPO).	1997-2005	Os ativos complementares especializados têm efeitos diferenciados sobre a relação entre diversificação tecnológica e desempenho.
Huang, Chen (2010)	Excesso de capacidade (<i>organizational slack</i>), e desempenho inovativo.	2746 firmas taiwanesas de tecnologia da informação.	Firmas (<i>Securities and Futures Commission</i> , SFC) e Patentes (USPTO).	1995-2004	Relação no formato de U invertido entre diversidade tecnológica e desempenho inovativo. O excesso de capacidade (<i>organizational slack</i>) atua como moderador dessa relação.

Autores	Variáveis relacionadas	Unidade de análise	Fontes de dados	Período	Resultados
Lai <i>et al.</i> (2010)	Tamanho da estrutura organizacional divisionalizada.	582 firmas taiwanesas da indústria eletrônica e tecnologia da informação.	Financeiros (<i>Taiwan Economic Journal</i> , TEJ e <i>Market Observation Post System</i>) e Patentes (TIPO).	1997-2005	Ativos complementares atuam como moderador da relação negativa entre a diversificação tecnológica e a estrutura organizacional divisionalizada.
Chen, Chang (2012)	Diversificação relacionada e não relacionada, competências tecnológicas e desempenho da firma.	116 firmas norte-americanas da indústria farmacêutica.	Financeiros (<i>Compustat</i>) e Patentes (USPTO).	1996-2007	Diversificação relacionada tem um efeito positivo sobre competências tecnológicas e a diversificação não relacionada tem um efeito no formato de U invertido sobre as competências tecnológicas.
Chen, Shih, Chang (2012)	Diversificação tecnológica relacionada e não relacionada, desempenho inovativo e crescimento.	66 firmas industriais taiwanesas de semicondutores.	Financeiros (<i>Taiwan Economic Journal</i> , TEJ) e Patentes (USPTO).	2000-2009	Diversificação relacionada tem um efeito positivo sobre o desempenho inovativo e o crescimento da firma. Diversificação não relacionada tem um efeito no formato de U invertido em ambas.
Chen, Yang, Lin (2013)	Impacto da orientação estratégica.	55 firmas industriais taiwanesas produtoras de <i>smartphones</i> .	Financeiros (<i>Taiwan Economic Journal</i> , TEJ) e Patentes (USPTO).	2004-2011	Relação negativa entre a diversificação tecnológica e desempenho da empresa em termos de q de Tobin e valor adicionado do mercado (MVA), mas não dos retornos de ativos (ROA) e valor econômico agregado (EVA).
Chang <i>et al.</i> , (2014)	Desempenho da firma (patentes).	155 firmas norte-americanas da indústria química e farmacêutica.	Financeiros (<i>Compustat</i>) e Patentes (USPTO).	1996-2007	A diversificação tecnológica tem efeito não-linear na forma de um U invertido no desempenho da firma (patentes).
Du, Lu, Guo (2015)	Redes sociais e desempenho tecnológico.	134 firmas industriais chinesas de máquinas e	<i>Survey</i> .	2014	A composição da rede externa de uma firma e as suas capacidades internas determinam o

Autores	Variáveis relacionadas	Unidade de análise	Fontes de dados	Período	Resultados
		equipamentos.			nível de desempenho inovativo. O acesso ao conhecimento externo é caracterizado pela diversificação da rede.
Lin, Chang (2015)	Desempenho da firma (q de Tobin).	165 grandes firmas industriais norte-americanas.	Financeiros (<i>Standard & Poor's</i>) e Patentes (USPTO).	2008	Grandes empresas podem se beneficiar de um portfólio diversificado de tecnologias no que se refere aos desempenhos financeiros e inovativo.
Corradini, Demirel, Battisti (2016)	Oportunidades tecnológicas, o impacto inovativo e o grau de generalidade.	339 pequenas e médias firmas (Reino Unido).	Patentes (PATSTAT).	1990-2006	Relação em formato de U invertido entre o nível de oportunidades tecnológicas e o grau de diversificação tecnológica.
Kim, Lee, Cho (2016)	Crescimento da firma.	958 firmas industriais coreanas.	Financeiros e demais (<i>Korea Information Service, KIS</i>) e Patentes (KIPO).	1991-2005	Para a empresa se aproveitar de forma eficaz da diversificação tecnológica é necessário o acúmulo de um volume de competências em <i>core-technologies</i> .
Krammer (2016)	Alianças tecnológicas.	356 alianças tecnológicas de firmas da indústria de pneus.	Dados de patentes e revistas (<i>European Rubber Journal and Rubber and Plastic News</i>).	1985-1996	Níveis mais elevados de diversificação e inter-relacionamento facilitam a exploração e exploração de ativos tecnológicos em uma aliança.

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados encontrados por meio dessa literatura revelam a existência de uma relação positiva entre diversificação tecnológica e desempenho econômico (GARCIA-VEGA, 2006; PISCITELLO, 2004), mas também os limites dessa diversificação no seu desempenho, evidenciado pela relação não-linear entre essas variáveis (CHANG *et al.*, 2014; HUANG; CHEN, 2010; LETEN; BELDERBOS; VAN LOOY, 2007). Esse desempenho é medido em termos inovativos, tendo como variável operacional os dados de patentes, mas também em termos financeiros, medido por meio do valor adicionado, retorno de ativos e valor econômico agregado (CHEN; YANG; LIN, 2013).

Em alguns casos, a análise da relação entre diversificação tecnológica e desempenho é realizada a partir da influência de um efeito moderador, que pode ser representado por meio da coerência tecnológica (LETEN; BELDERBOS; VAN LOOY, 2007), dos ativos complementares (LAI *et al.*, 2010), e do *excesso de capacidade* (*organizational slack*) das firmas (HUANG; CHEN, 2010).

A partir dessa revisão é possível identificar uma relativa ênfase das abordagens empíricas em relacionar a diversificação tecnológica com o desempenho das firmas. Entretanto, outros trabalhos têm se empenhado na ampliação dos determinantes da diversificação tecnológica, incluindo o papel das oportunidades tecnológicas, o impacto inovativo, o grau de generalidade (CORRADINI; DEMIREL; BATTISTI, 2016), a função de redes sociais externas (DU; LU; GUO, 2015), e os efeitos da diversificação relacionada e não-relacionada (CHEN; CHANG, 2012; CHEN; SHIH; CHANG, 2012).

Mesmo que se reconheça esse esforço, é possível identificar algumas lacunas, particularmente em estudos que visem à compreensão de como a diversificação tecnológica é afetada por sua capacidade de explorar conhecimentos externos. Essa capacidade exerce um papel crítico no processo de diversificação e está relacionada às variáveis do primeiro grupo do Quadro 1, quais sejam, o monitoramento e absorção de conhecimentos e da emergência das novas tecnologias.

Essa revisão de literatura também permite perceber que os estudos analisam apenas de forma indireta a capacidade das firmas de explorar conhecimentos externos e que tendem a utilizar os gastos em P&D como *proxy* principal (ALONSO-BORREGO; FORCADELL, 2010; CHIU *et al.*, 2010; GEMBA; KODAMA, 2001; MILLER, 2006). Consequentemente, os esforços em relacionar os efeitos dessa capacidade com a diversificação tecnológica das firmas tendem a ser pouco conclusivos. Ainda assim, o argumento principal é que a capacidade de explorar conhecimentos afeta positivamente a diversificação tecnológica. Entretanto, esses resultados possuem limitado potencial de generalização, além de pouco esclarecerem sobre como essas relações variam no tempo.

Um esforço importante nesse sentido é o trabalho sobre os efeitos da diversificação tecnológica em tipos específicos de competência inovadora, realizado por Quintana-Garcia e Benavides-Velasco (2008). Ao investigar o portfólio tecnológico de firmas norte-americanas

que atuam no setor de biotecnologia, os autores concluem que a diversificação tecnológica tem um forte impacto na capacidade de explorar conhecimentos externos. Em outras palavras, as firmas tecnologicamente diversificadas têm opções mais favoráveis em termos de compra, licenciamento, alianças e desenvolvimento interno para construir competências de pesquisa e gerar inovações.

Para uma ampla compreensão dos efeitos da capacidade de exploração de conhecimentos e sua relação com a diversificação tecnológica, uma noção básica é a forma pela qual as firmas estruturam suas rotinas e realizam processos de busca. Essas concepções têm a literatura tradicional como referência mais importante e são tratadas na próxima seção.

1.4 Rotinas organizacionais e processos de busca

A literatura tradicional trata as *rotinas organizacionais* como uma regra importante de comportamento das firmas, que podem ser definidas como um conjunto padronizado de regras e heurísticas incorporadas, ou ainda “pedaços” de atividades que possuem um caráter repetitivo (DOSI; NELSON; WINTER, 2001). Em algum momento, as firmas “[...] *have built into them a set of ways of doing things and ways of determining what to do*” (NELSON; WINTER, 1982, p. 400). Como rotinas não são imutáveis, as firmas realizam atividades de busca sempre que precisam “avaliar as rotinas atuais, que levem a sua modificação, mudanças ou substituição” (NELSON; WINTER, 1982, p. 400). Entretanto, os autores também reconhecem que existem limites à flexibilidade desse comportamento, e que um ambiente em mudanças pode forçar as firmas a arriscar sua própria sobrevivência em tentativas de modificar suas rotinas.

As atividades de busca que avaliam as rotinas mantidas pela firma podem ser conduzidas de duas formas principais. Enquanto a busca local tende a relacionar o conhecimento que está no entorno da base de conhecimento atual da organização, a busca não local “envolve um esforço consciente para se afastar das rotinas organizacionais e das bases de conhecimento atuais” (KATILA; GAUTAM AHUJA, 2002, p. 1184). Tradicionalmente, a literatura enfatiza que esses processos de busca são realizados de forma local (DOSI, 1982; NELSON; WINTER, 1982; PATEL; PAVITT, 1997). Deste modo, enfatiza a tendência das firmas em se concentrar em campos tecnológicos que compartilham a mesma base de conhecimento e semelhança na resolução de problemas (NELSON; WINTER, 1982). Assim, as firmas precisam obter o

máximo de vantagem do conjunto de conhecimento que possuem, o que requer concentração, ou, no mínimo, coerência, mais do que a distribuição aleatória dos seus esforços (NELSON, 1991, p. 68).

O processo de busca é majoritariamente local, pois tende a ocorrer ao longo de trajetórias estabelecidas pela experiência passada, rotinas e heurísticas (WINTER, 1984, p. 292). Como as mudanças tecnológicas radicais são incomuns, com frequência o progresso tecnológico emerge ao longo de uma trajetória estabelecida pelo paradigma tecnológico vigente. Esses paradigmas funcionam como um *modelo* e um *padrão* de solução de problemas baseados em princípios selecionados, e incorporam fortes prescrições para as direções de mudança técnica que devem ser perseguidas ou ignoradas (DOSI, 1982, p. 152).

Uma das principais justificativas para a predominância da busca local é o custo para se dominar conhecimentos especializados no mundo contemporâneo, como é o caso das grandes firmas, que detêm conhecimentos em numerosos campos tecnológicos (CANTWELL; FAI, 1999; PAVITT, 1998, p. 441). Outra razão é a dificuldade envolvida na transformação de tecnologias em produtos rentáveis e o fato de abrangerem muitas tecnologias distintas (PATEL; PAVITT, 1997)¹⁷. Como resultado, as firmas utilizam a busca local em detrimento da exploratória (não local) por ser uma estratégia mais eficiente e vantajosa, além de apresentar custos relativamente mais baixos (LAURSEN, 2012).

Essa abordagem pressupõe que grande parte do conhecimento mantido pelas firmas é tácito (NELSON; WINTER, 1982), característica que torna mais difícil, e muitas vezes impossível, a tarefa de transferir o conhecimento incorporado em indivíduos e firmas em contextos distantes. Como a assimilação de novos conhecimentos pela firma ocorre por meio de um processo de aprendizagem gradual, a atividade de busca tende a se restringir a áreas próximas, nas quais ela já possui domínio (ROSENKOPF; ALMEIDA, 2003, p. 752).

De modo geral, as firmas tendem a aprofundar a sua compreensão de elementos locais que potencialmente poderiam ser combinados, tornando-as mais capazes de inventar e, com maior confiabilidade, evitar as combinações que não funcionaram no passado (FLEMING;

¹⁷ Um exemplo é a produção de veículos motorizados, que exige o domínio de tecnologias de transporte, mas também químicas, elétricas e eletrônicas (PATEL; PAVITT, 1997, p. 145).

SORENSEN, 2004, p. 911). Desta forma, existem vantagens evidentes para as firmas na realização de buscas locais em suas atividades de resolução de problemas, incluindo aqueles relacionados à inovação.

De acordo com Nelson e Winter (1982), essas firmas são muito melhores em “[...] *tasks of self-maintenance in a constant environment than they are at major change, and much better at changing in the direction of ‘more of the same’ than they are at any other kind of change*” (NELSON; WINTER, 1982, p. 8–9). Da mesma forma, Dosi (1988) sintetiza as razões para busca local ao afirmar:

The search process of industrial firms to improve their technology is *not* likely to be one where they survey the whole stock of technological knowledge before making their technical choices. Given its highly differentiated nature, firms will instead seek to improve and to diversify their technology by searching in zones that enable them to use and to build upon their existing technological base (DOSI, 1988, p. 225).

Essa literatura mostra um comportamento dominante da busca local que se mantém em diferentes conjunturas. Logo, em contextos marcados pela grande complexidade na resolução de problemas, a tendência à busca local pode ser justificada por duas razões principais. A primeira é a existência de um comportamento racional limitado (SIMON, 1997), que faz com que os agentes sejam incapazes de considerar todas as opções possíveis para a solução de seus problemas tecnológicos e inábeis de avaliar com precisão as perspectivas futuras de desempenho das opções potenciais. Tais fatores fazem com que a avaliação de alternativas tenda a ser imperfeita (KNUDSEN; LEVINTHAL, 2007, p. 51–52). A segunda razão é que a base de conhecimento acumulado facilita a aprendizagem relacionada à solução de problemas complexos. Em outras palavras, o aprendizado tende a ser mais fácil se for restrito a vizinhanças familiares e próximas, e isso é observado pelo fato de as inovações incrementais constituírem a maior parte do avanço tecnológico.

A prevalência da busca local também foi corroborada por evidências empíricas. Patel e Pavitt (1997), num estudo a partir da atividade de patenteamento de 440 firmas, revelaram que mais de 90% delas possuem perfil tecnológico bastante similar quando comparados os períodos 1969-1974 e 1985-1990. Ao classificar a atividade tecnológica das firmas em cinco grandes áreas, os autores estimaram que o grau de correlação entre os períodos variou entre 0,55 e 0,91.

Os resultados de Patel e Pavitt (1997), em contraste com evidências sobre o processo de busca encontradas posteriormente, induziram a um debate sobre a existência de um possível *paradoxo da variedade* (LAURSEN, 2012), que questiona se o desempenho inovador das firmas é determinado por sua capacidade de transformar tecnologias em produtos, ou pela sua capacidade de desenvolver tecnologias por meio da busca por variedade (ou ambos).

Patel e Pavitt (1997) sugerem que a variedade é uma característica mais necessária para mudanças técnicas revolucionárias e menos para mudanças normais. Os autores também afirmam que nesse debate é preciso diferenciar tecnologias e produtos. Desta forma, como as tecnologias podem ser combinadas numa ampla configuração de produtos, é possível que, em um determinado setor econômico, a variedade de produtos coexista com homogeneidade de tecnologias. Entretanto, esse argumento contrasta fortemente com a abordagem evolucionista tradicional, que afirma que os produtos das firmas são diferentes porque suas tecnologias são heterogêneas. Os autores argumentam que, em vez disso, as firmas dentro do mesmo setor industrial possuem mais ou menos as mesmas tecnologias, porém diferem internamente em relação à forma como podem transformar essas tecnologias em produtos de sucesso no mercado.

Para Laursen (2012), essa perspectiva guarda um importante poder explicativo, mas não é a única possível. Ainda que os processos de busca tecnológica sejam marcados por fortes imperativos, os limites impostos por esses imperativos podem ser amplos o suficiente para explicar uma proporção significativa da variação do desempenho inovador no nível da firma. O autor procura incorporar duas questões complementares nesse debate, a primeira é o aspecto intertemporal do processo de busca tecnológica, que induz firmas líderes a realizar busca exploratória e em seguida introduzir novas tecnologias no mercado, ganhando uma vantagem temporária em relação aos concorrentes. A segunda é que as firmas concorrentes dependem não apenas da sua capacidade interna de gerar inovações, mas principalmente da apropriação de tecnologias geradas por seus concorrentes.

A exploração do espaço tecnológico em campos emergentes é fundamental para que as firmas absorvam oportunidades futuras de negócios e também para que reduzam o risco de se tornarem obsoletas do ponto de vista tecnológico. Patel e Pavitt (1997) afirmam que, pelo menos nos estágios iniciais, um campo emergente “*will be marginal in the total technological portfolio of the firm, but this will change as a function of the richness of the stream of*

potential opportunities that are identified” (PATEL; PAVITT, 1997, p. 148). Entretanto, é preciso reconhecer que é improvável que as atividades de busca exploratória sejam a estratégia dominante de firmas bem-sucedidas, devido ao seu alto custo se comparada com a busca local (LAURSEN, 2012).

Para além da aparente contradição entre as evidências de Patel e Pavitt (1997) e a literatura sistematizada por Laursen (2012), existem convergências importantes. Alguns estudos revelam que as firmas que mantêm altos níveis de atividades exploratórias são penalizadas com menor nível de inovação em produto, se comparadas com as demais firmas (KATILA; GAUTAM AHUJA, 2002; LAURSEN; SALTER, 2006). Em outras palavras, existe um relativo consenso entre os estudiosos de que a busca por variedade é fortemente limitada e que o conjunto de conhecimentos mantidos pela firma determina, dada a existência de limites cognitivos, sua capacidade de busca e seu potencial produtivo (DOSI, 1988; LAURSEN, 2012; LEVINHAL; MARCH, 1993; MARCH, 1991; PATEL; PAVITT, 1997).

1.5 Busca exploratória e capacidade de absorção

Se por um lado a literatura tradicional enfatizou o caráter local dos processos de busca (DOSI, 1982; NELSON; WINTER, 1982; PATEL; PAVITT, 1997), é possível perceber mudanças na ênfase das interpretações sobre o comportamento da firma ao longo da literatura subsequente. Laursen (2012), numa revisão panorâmica das principais contribuições empíricas sobre o tema, identificou que a ênfase da literatura tradicional nos processos de busca local foi paulatinamente modificada para um foco maior em como as firmas equilibram a busca local com a busca exploratória (não local).

Essas contribuições posteriores, ainda que pressuponham que os processos de busca permaneçam predominantemente locais, procuram analisar como firmas podem evitar a *armadilha da busca local* e equilibrar essa busca com a busca exploratória (FLEMING; SORENSON, 2004; LAURSEN, 2012). Tal mudança de ênfase parte do questionamento de estudiosos sobre a inevitabilidade da busca local em todos os contextos, tanto numa perspectiva teórica quanto empírica. Da mesma forma, é cada vez mais reconhecido que a dependência da busca local pode ser prejudicial, ou mesmo letal às firmas (LAURSEN, 2012; LEVINHAL; MARCH, 1993; TRIPSAS; GAVETTI, 2000).

A desvantagem da busca local é percebida em muitas situações, especialmente quando o conhecimento necessário para resolver um novo problema pode não coincidir com a base de conhecimento das firmas. Nesse caso, a busca local pode ser insuficiente para proporcionar a variedade de conhecimentos necessária para a resolução de problemas, ou mesmo gerar oportunidades bastantes de combinação e recombinação de conhecimentos (ROSENKOPF; NERKAR, 2001; ROTHÄERMEL; ALEXANDRE, 2009). Como sugerido pela literatura, a ênfase na busca local pode levar ao comportamento míope e a vieses cognitivos (LEVINTHAL; MARCH, 1993; MARCH, 1991), ou seja, situações em que soluções superiores, por pertencerem a domínios de conhecimento distantes das firmas, são sistematicamente negligenciadas¹⁸. O acesso das firmas a uma variedade de recursos é, portanto, um fator crítico e a busca exploratória é motivada pela possibilidade de um *alargamento* das suas fronteiras tecnológicas que permita que elas encontrem fontes de variedade necessárias à criação de conhecimentos e a novas combinações de tecnologias.

Essa abordagem foi originalmente inspirada em March (1991), que propôs uma distinção entre duas formas de comportamento organizacional: de um lado, a exploração (*exploration*), que compromete indivíduos e organizações na busca, experimentação e variação; do outro, a exploração (*exploitation*), que aumenta a produtividade e eficiência por meio da escolha, execução e redução da variedade¹⁹. Ambos os comportamentos são essenciais para os processos de aprendizagem e crescimento organizacional, mas implicam contradições inerentes a mudanças incrementais e revolucionárias que precisam ser gerenciadas (TUSHMAN; O'REILLY, 1996). Diversos estudos ampliaram esse arcabouço analítico a partir da sua aplicação em uma gama de fenômenos, que por um lado abrangem várias manifestações de especialização e experiência, e por outro a diversidade e experimentação (LAVIE; STETTNER; TUSHMAN, 2010).

A proposta de March (1991), dada a sua amplitude, foi utilizada em vários contextos, como o desenvolvimento tecnológico, inovação de produto e alianças estratégicas, bem como em

¹⁸ Um exemplo clássico é a síndrome do *não inventado aqui* (*not invented here*), em que firmas evitam soluções de terceiros apenas por causa de sua origem externa (KATZ; ALLEN, 1982).

¹⁹ Como definido por March (1991, p. 71), a exploração envolve “refinamento, escolha, produção, eficiência, seleção, implementação e execução”, enquanto a exploração é composta por “pesquisa, variação, riscos, experimentação, flexibilidade, descoberta e inovação”.

vários níveis de análise, tais como indivíduos, grupos, organizações e indústrias²⁰. Levinthal e March (1993, p. 105) limitaram o âmbito destas atividades para o domínio do conhecimento afirmando que a exploração envolve a busca de novos conhecimentos, enquanto a exploração envolve o uso e desenvolvimento de coisas já conhecidas. Diante da ampla aceitação e influência dessa abordagem, estudos têm se empenhado em distinguir o desenvolvimento e utilização do conhecimento, relacionando os conceitos de exploração e exploração à escala e escopo do conhecimento criado ou adquirido em relação à base de conhecimento mantido pela firma.

Mesmo se aplicadas definições mais restritas, permanecem importantes divergências entre estudiosos. Para alguns, a exploração pode envolver o desenvolvimento de conhecimento (HE; WONG, 2004) e, para outros, a exploração se resume ao desenvolvimento do conhecimento existente (VERMEULEN; BARKEMA, 2001). A distinção entre exploração e exploração torna-se uma tarefa não trivial dada a multidimensionalidade da variável *conhecimento organizacional* (LAVIE; STETTNER; TUSHMAN, 2010). Como a geração de novos conhecimentos depende, de certa maneira, da base de conhecimento mantida pela firma (COHEN; LEVINTHAL, 1990), é preciso reconhecer que os estudos empíricos com essa abordagem sempre enfrentarão dificuldades em distinguir exploração e exploração.

De acordo com Lavie, Stettner e Tushman (2010, p. 114), a exploração está sempre associada à base de conhecimento mantida pela firma. Deste modo, enquanto essa firma persistir em uma trajetória tecnológica existente e utilizar suas competências internas para tal, suas operações estarão voltadas para a exploração. Por outro lado, a exploração requer uma mudança na base atual de conhecimentos e suas competências. Essas mudanças podem estar relacionadas a novas habilidades técnicas, ao conhecimento do mercado ou ainda às relações externas.

É importante reconhecer a existência de um *ciclo natural* exploração-exploração e que a transitividade entre ambas ao longo do tempo é mais bem descrita com um *continuum* do que apenas um modelo de escolha discreta. Entretanto, como a capacidade que a firma possui de gerar e desenvolver novos conhecimentos depende de sua base de conhecimento, a exploração

²⁰ Para uma síntese dessas interpretações, vide Lavie, Stettner e Tushman (2010).

é substituída pela exploração com a subsequente aplicação do conhecimento (COHEN; LEVINTHAL, 1990; LAVIE; STETTNER; TUSHMAN, 2010).

Um exemplo é uma firma que experimenta uma nova tecnologia e legitima a exploração. Na medida em que repete esses experimentos e a aplicação de novos conhecimentos adquiridos, ela desenvolve rotinas de exploração e se torna mais familiarizada com esse conhecimento. Portanto, existe um circuito no qual a exploração tende a evoluir para a exploração, especialmente em determinados contextos, como é o caso do processo de inovação (BRUNNER *et al.*, 2009; LAVIE; STETTNER; TUSHMAN, 2010).

Os benefícios para firmas que alcançam e mantêm um balanceamento entre suas estratégias de exploração e exploração tem sido o objeto de estudos sobre o tema, ainda que pouco consenso tenha sido construído sobre as formas pelas quais as firmas alcançam esse equilíbrio (ADLER *et al.*, 2009; GUPTA *et al.*, 2006, p. 697). Conceitualmente, a capacidade de englobar níveis relativamente altos de exploração e exploração é percebida em *organizações ambidestras* (TUSHMAN; O'REILLY, 1996), entretanto, as tensões e conflitos permanentes entre essas atividades podem exigir a sua separação no contexto organizacional.

Pode-se identificar três modos fundamentais pelos quais as firmas lidam com os conflitos permanentes entre exploração e exploração. O primeiro modo está marcado pela ambidestria contextual, em que a exploração e a exploração ocorrem simultaneamente, mas dentro de unidades organizacionais distintas. No segundo modo, há a separação temporal, em que ambas as atividades ocorrem na mesma organização, mas alternadas em diferentes momentos. Por fim, pode haver uma separação de domínio no qual as firmas se especializam em exploração ou exploração em campos organizacionais específicos e equilibram suas atividades entre diferentes domínios (LAVIE; STETTNER; TUSHMAN, 2010).

Como foi possível perceber, existe uma qualificada literatura que trata da geração de novos conhecimentos por meio de processos de busca. Esse esforço demonstra que as empresas variam na maneira como procuram novas combinações e na intensidade com que o fazem, bem como na sua capacidade de gerenciar o equilíbrio necessário entre a busca local e não local. Uma síntese da literatura empírica é apresentada no Quadro 3.

Quadro 3 – Síntese da literatura empírica sobre processos de busca.

Autores	Variável de busca	Unidade de análise	Fonte de dados	Período	Resultados
Helfat (1994)	Intensidade de gastos em P&D.	26 maiores companhias de energia dos EUA.	<i>Financial Reporting System</i> (FRS), Departamento de Energia Norte-americano (DOE).	1974-1981	As firmas tendem a persistir e a diferir na quantidade de esforço que dedicam a vários gastos em P&D.
Stuart e Poldony (1996)	Posição tecnológica.	10 maiores indústrias de semicondutores do Japão.	Dados de patentes.	1978-1992	A busca local condiciona os gastos de P&D das firmas.
Ahuja e Lampert (2001)	Citações de patentes.	97 firmas da indústria química.	Dados de patentes.	1980-1995	Determinadas tecnologias (<i>experimenting, emerging e pioneering</i>) ajudam as firmas estabelecidas a criar invenções disruptivas.
Rosenkopf e Nerkar (2001)	Citações de patentes.	22 maiores firmas da indústria de discos ópticos.	Dados de patentes.	1971-1995	A busca exploratória que não estende as fronteiras organizacionais gera menor impacto na evolução tecnológica subsequente.
Katila e Ahuja (2002)	Citações de patentes.	124 maiores firmas da indústria robótica.	Dados de patentes e anúncio de introdução de novos produtos.	1985-1995	As buscas denominadas <i>depth e scope</i> afetam a capacidade introduzir novos produtos, mas algumas firmas cometem <i>excesso de busca (over search)</i> .
Nerkar (2003)	Citações de patentes.	33 empresas da indústria farmacêutica.	Dados de patentes.	1981-1987	Um equilíbrio na combinação do conhecimento atual com o disponível em grandes períodos é um fator importante que explica o impacto de novos conhecimentos.
Rosenkopf e Almeida (2003)	Alianças e mobilidade de inventores.	74 firmas da indústria de semicondutores.	Dados de patentes.	1980-1995	A mobilidade está associada a fluxos de conhecimento intrafirmas, independentemente da proximidade geográfica. A utilidade de alianças e a mobilidade aumentam com a distância

Autores	Variável de busca	Unidade de análise	Fonte de dados	Período	Resultados
Greve (2003)	Intensidade de gastos em P&D.	246 inovações na indústria de construção naval japonesa.	P&D e anúncio de introdução de novos produtos.	1971-1996	tecnológica. Um alto desempenho reduz a intensidade de P&D e os lançamentos de novos produtos.
He e Wong (2004)	Porcentagem de vendas advindas de novos produtos e sua taxa de crescimento.	246 firmas industriais.	<i>Survey</i> sobre o comportamento inovador e performance.	1999-2000	A interação entre as estratégias de inovação explorativa e explorativa está positivamente relacionada à taxa de crescimento das vendas.
Fleming e Sorenson (2004)	Citações de patentes.	17.264 patentes depositadas nos EUA.	Dados de patentes.	1990	As patentes provenientes da ciência tendem a aumentar a probabilidade de novas combinações quando as tecnologias são estreitamente ligadas.
Nerkar e Roberts (2004)	Impacto tecnológico e desempenho medido por citações.	45 firmas da indústria farmacêutica.	Dados de patentes.	1987-1992	Perceber o valor não local de sua experiência tecnológica e executar as combinações relevantes requerem uma forte orientação para o mercado de produto.
Cassiman e Veugelers (2006)	P&D interno e externo.	714 firmas industriais da Bélgica.	<i>Community Innovation Survey</i> (CIS).	1993	Aquisição de conhecimentos externo e interno são complementares no processo de inovação.
Laursen e Salter (2006)	Estratégias de busca externa (<i>breadth</i> e <i>depth</i>).	13.315 unidades de negócios no Reino Unido.	<i>Community Innovation Survey</i> (CIS).	1998-2001	Busca externa (<i>breadth</i> e <i>depth</i>) resulta em maiores vendas de produtos inovadores, mas algumas firmas cometem <i>excesso de busca</i> (<i>over search</i>).
Phene, Fladmoe-Lindquist, Marsh (2006)	Distância tecnológica e geográfica.	87 firmas norte-americanas de biotecnologia.	Dados de patentes e relatório setorial (BioScan).	1988	O conhecimento tecnologicamente distante da origem nacional tem um efeito curvilíneo e o conhecimento tecnologicamente próximo da origem internacional tem um efeito positivo na atividade inovativa.

Autores	Variável de busca	Unidade de análise	Fonte de dados	Período	Resultados
Sidhu, Commandeur e Volberda (2007)	Processo de busca em três dimensões (lado da demanda, lado da oferta e geográfica).	240 companhias holandesas do setor de engenharia elétrica e metalurgia.	Dados de <i>Survey</i> .	2007	A busca não local nas três dimensões apresenta uma relação positiva com a inovatividade.
Chen e Miller (2007)	Intensidade de gastos em P&D.	35.970 observações do setor industrial norte-americano.	<i>Standard and Poor's; Compustat database</i> .	1980-2001	A busca pode refletir padrões de investimento institucionalizado e as diferenças são consequências de fatores internos da firma.
Fabrizio (2009)	Ritmo e importância das inovações.	83 firmas da indústria farmacêutica e de biotecnologia.	Dados de patentes.	1976-1999	O acesso à pesquisa universitária por firmas que se dedicam à pesquisa básica e colaboram com cientistas leva a uma busca superior por novas invenções.
Grimpe e Sofka (2009)	Intensidade de gastos em P&D.	4500 firmas em 13 países europeus.	<i>Community Innovation Survey (CIS-3)</i> .	1998-2000	Os padrões de busca se diferenciam entre os setores de alta e baixa tecnologia, mediados pelas relações entre insumo e produto.
Rothaermel e Alexandre (2009)	Número de patentes (<i>technology sourcing</i>).	141 firmas do setor industrial norte-americano.	Dados de patentes e <i>Survey</i> .	1999	Existe uma relação curvilínea (“U” invertido) entre o <i>mix</i> de <i>sourcing</i> de tecnologia e o desempenho da firma.
Laursen, Leone e Torrisi (2010)	Distância tecnológica do portfólio de patentes.	224 licenças e 900 patentes do USPTO.	Dados de patentes e <i>Survey</i> .	2002	Licenciamento aumenta a capacidade de monitoramento sobre a capacidade de fazer busca à distância.
Jiang, Tan e Thursby (2010)	Conhecimento em novas áreas tecnológicas (classes de patentes).	75 firmas da indústria de semicondutores.	Dados de patentes.	1980-1985	Incumbentes inovam fora dos <i>designs</i> dominantes motivados: i) pela busca em áreas novas, ii) pela exploração do conhecimento científico, iii) pela formação de alianças.
Grimpe e Sofka (2016)	Busca externa relacional e transacional.	3921 firmas alemãs.	<i>Mannheim Innovation Panel (MIP), Community</i>	2001-2009	Ambas as estratégias estão inter-relacionadas e são complementares. Adotar uma estratégia

Autores	Variável de busca	Unidade de análise	Fonte de dados	Período	Resultados
			<i>Innovation Survey</i> (CIS).		tem um retorno marginal mais elevado sobre o desempenho inovativo se a outra estratégia estiver presente.
Corradini e Propis (2016)	Tecnologias de plataforma (<i>Bridging platform</i>).	355.065 depósitos de patentes (DE, GB, FR, IT).	Dados de patentes.	1996-2006	Plataformas tendem a ligar mais eficazmente inovações em domínios distantes, fomentando a integração intersetorial e as inovações originais.

Fonte: Elaboração própria.

Uma análise panorâmica da literatura sobre os processos de busca permite concluir que se trata de um campo de pesquisa em desenvolvimento, que resulta de um conjunto heterogêneo de frentes de pesquisa que em certa medida se encontram desconectadas (LAURSEN, 2012). Emergem da interpretação dessa síntese algumas questões que merecem ser observadas: i) a grande diversidade de formas como a variável de busca é operacionalizada, ii) os diversos setores econômicos e países que são objeto para as pesquisas, a destacar a ênfase em setores tecnologicamente mais dinâmicos e/ou com altas oportunidades tecnológicas; e iii) o amplo escopo e pequena convergência de questões discutidas nos resultados.

Para além dessa baixa convergência de resultados, existe um relativo consenso entre estudiosos de que o processo de busca por variedade é fortemente limitado por sua capacidade de absorção, ou seja, pelo alcance da sua aptidão em reconhecer o valor de novas informações, assimilá-las e aplicá-las para fins comerciais (COHEN; LEVINTHAL, 1990, p. 128).

Desde a contribuição seminal de Cohen e Levinthal (1990), a literatura tem aprimorado e estendido a noção de capacidade de absorção e suas repercussões sobre as firmas. Zahra e George (2002) propõem uma divisão da capacidade de absorção em duas principais, a *potencial*, que se refere à capacidade das firmas em adquirir e assimilar conhecimento gerado externamente, e a *realizada*, que está associada à forma como transformam e exploram esse conhecimento para fins comerciais. Deste modo, a inclinação das firmas em adquirir e assimilar o conhecimento gerado externamente está limitado por sua capacidade de absorção *potencial*.

A partir da abordagem proposta por Zahra e George (2002), o estudo de Jansen, van den Bosch e Volberda (2005) analisa em que medida os mecanismos organizacionais como coordenação e socialização explicam o fato de algumas firmas serem capazes de adquirir e assimilar novos conhecimentos externos, mas não de transformá-los e explorá-los com sucesso. Os resultados revelam como unidades organizacionais diferem em sua capacidade de criar valor a partir de sua capacidade de absorção. Já o trabalho de Fosfuri e Tribó (2008) mostra que, durante períodos de mudanças na estratégia, as firmas se esforçam para acumular capacidade de absorção *potencial* e que os fluxos de conhecimento internos ajudam a reduzir a distância entre a capacidade de absorção *potencial* e *realizada*.

Os limites à capacidade de absorção *potencial* são explicados pela literatura pela dificuldade em equilibrar os processos de busca local e não local, que resulta em buscas disfuncionais, ou seja, estratégias muito extensas ou excessivamente estreitas, ou ainda a ênfase em determinada forma de busca em detrimento de outras (HE; WONG, 2004; KATILA; GAUTAM AHUJA, 2002; LAURSEN; SALTER, 2006; ROSENKOPF; ALMEIDA, 2003).

Esses desequilíbrios têm causas diversas, como as falhas no planejamento da estrutura organizacional ideal para obter o melhor *trade-off* entre exploração e exploração (LAURSEN, 2012), e a restrição imposta pela escassez de recursos diversos, a destacar o tempo. Como foi descrito por Levinthal e March (1993), o processo de busca é frequentemente conduzido sob pressões extremas de tempo, que geram falhas na determinação de sua extensão, especialmente em contextos em que o ambiente tecnológico muda rapidamente. Como consequência, uma proporção considerável das firmas pode simplesmente ser incapaz de prever o esforço de busca que conduza a um nível ótimo de diversidade, limitando o seu potencial de escolha estratégica.

Essas falhas resultam de capacidades cognitivas limitadas dos agentes e da necessidade de concentrar sua atenção num conjunto restrito de alternativas potenciais, ao invés de pesquisar o ambiente como um todo ou seguir simultaneamente muitos caminhos diferentes (GAVETTI; LEVINTHAL, 2000). Fortemente relacionado a esse problema está o viés cognitivo contra fontes de conhecimento externas, que resulta em processo de busca míope (LEVINTHAL; MARCH, 1993; MARCH, 1991). Nesse caso, o processo de busca é dificultado pela falta de recursos de todas as formas, incluindo a inexistência de uma equipe interna apta a explorar todas as combinações possíveis.

Esse argumento tem influenciado parte importante da literatura e estimulando estudos empíricos diversos. Entretanto, o estudo de Lane, Koka e Pathak (2006), numa revisão crítica desses estudos que utilizam o conceito de capacidade de absorção, conclui que grande parte dos autores utiliza de forma indevida a noção originalmente introduzida por Cohen e Levinthal (1989). Como resultado, o uso indiscriminado do conceito de capacidade de absorção, no âmbito de pesquisas sobre aprendizado organizacional, alianças estratégicas e visão baseada em recursos, tem levado à sua reificação e a uma maior dificuldade nas investigações na área.

2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E BUSCA EM TECNOLOGIAS DE MITIGAÇÃO

Este capítulo analisa como o processo global de mudanças climáticas pode constituir um contexto propício para investigações sobre como a diversificação tecnológica das firmas é afetada pelo monitoramento e absorção de novos conhecimentos e pela emergência de novas tecnologias. Para tanto, é preciso perceber a influência desse ambiente no processo de busca tecnológica conduzido pelas firmas, por meio de sua interação em fatores diversos no nível das firmas, dos mercados e do sistema como um todo.

O capítulo é dividido em três seções que abordam as questões fundamentais do debate sobre as mudanças climáticas, os aspectos teóricos e conceituais das tecnologias de mitigação das mudanças climáticas, e, por fim, de que maneira as mudanças climáticas atuam como um fator externo que afeta o processo de busca tecnológica.

2.1 O processo de mudanças climáticas e suas questões fundamentais

Tendo repercussões que vão além da dimensão ambiental e se relacionam com segurança energética, eficiência e, de forma mais ampla, com o destino do planeta, o processo de mudanças climáticas globais é reconhecido como um dos maiores desafios da sociedade atual. Esse processo possui particularidades, pois sua solução exige a definição de responsabilidades históricas que envolvem complexas questões intergeracionais e uma ação global coordenada para sua eficácia, já que a atmosfera é um bem público, que, como a maioria dos serviços ecossistêmicos, é não rival e não exclusivo.

Em termos conceituais, as mudanças climáticas podem ser identificadas pela alteração da média e/ou variabilidade das propriedades do clima, que persistem durante um longo período de tempo, tipicamente décadas ou mais (IPCC, 2007, p. 30). A primeira síntese de estudos científicos produzidos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC, em inglês)²¹ afirma que o aquecimento do planeta é causado principalmente por razões naturais como ciclo solar, variação orbital e vulcanismo (IPCC, 1990). Já em relatórios posteriores são apresentadas evidências mais contundentes da influência antropogênica no clima (IPCC,

²¹ O IPCC foi criado em 1988 no âmbito do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que se encarrega de coordenar ações internacionais de proteção ao meio ambiente da Organização das Nações Unidas (ONU).

1996, 2001, 2007, 2014). Essa influência é resultado de atividades humanas que emitem gases de efeito estufa (GEE) e impedem a liberação do calor emitido pela superfície terrestre para o espaço, resultando no aumento da temperatura média da atmosfera e dos oceanos²².

As emissões de GEE variam entre as diversas atividades, sendo mais intensa na queima de combustíveis fósseis derivados do petróleo, na utilização de carvão mineral e gás natural para a geração de energia, nas atividades industriais e de transporte, e nas mudanças no uso do solo em função da agropecuária, do descarte de resíduos sólidos e do desmatamento. O dióxido de carbono (CO₂) é o gás com maior efeito no aquecimento global e representa mais de 70% das emissões de GEE²³.

Os impactos das mudanças climáticas mais popularmente conhecidos são aqueles que afetam os sistemas físicos²⁴. Entretanto, é preciso reconhecer os importantes efeitos sobre os sistemas biológicos e humanos, que são capazes de acirrar outros problemas como a pobreza e a perda da biodiversidade (IPCC, 2014). Portanto, a mitigação das emissões de gases de efeito estufa é um desafio global e a sua solução envolve questões amplas como um maior nível de conscientização ambiental da sociedade, regulação, incentivos e políticas de Estado.

O problema climático também requer a adequação das estratégias implementadas pelas firmas de todos os tipos e tamanhos. A reestruturação de ativos tecnológicos constituídos por firmas ao longo de décadas criou um amplo conjunto de oportunidades relacionadas à manufatura, aos meios de distribuição, às redes de serviços e às tecnologias complementares (GEELS, 2014, p. 261). São exemplos as áreas como iluminação, energia elétrica, veículos híbridos e elétricos, geração de energia, baterias e motores, que têm sido identificadas pelo desenvolvimento mais acelerado de novas tecnologias (OECD, 2014). Na última década e

²² As bases científicas desse fenômeno têm origem em pesquisas produzidas ao longo do século XIX. Destacam-se os trabalhos de Jean-Baptiste Joseph Fourier na década de 1820 sobre a retenção de calor na atmosfera, de John Tyndall na década 1850 sobre os gases com potencial de bloquear a radiação infravermelha e provocar alterações climáticas e a publicação, por Svante Arrhenius, na década de 1890, da primeira estimativa sobre os efeitos da concentração de CO₂ no aumento da temperatura do planeta.

²³ Outros tipos gases de efeito estufa (GEE) são o Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Hidrofluorcarbonetos (HFCs), Perfluorcarbonos (PFCs) e Hexafluoreto de Enxofre (SF₆).

²⁴ A destacar o derretimento de calotas polares, a elevação no nível dos mares e a ocorrência de eventos climáticos extremos, como tempestades tropicais, inundações, ondas de calor, seca, nevascas, furacões, tornados e tsunamis.

meia, o montante anual de patentes relacionadas à *energia limpa* tem crescido duas vezes mais rápido que a média da demais patentes (VEEFKIND *et al.*, 2012).

Existe um amplo conjunto de ações possíveis para enfrentar as mudanças climáticas, que variam de simples mudanças de comportamento a grandes mudanças tecnológicas (KEMP, 1996, p. 153). Entretanto, é perceptível um relativo consenso de que as ações para a redução dos riscos dos impactos devem ser perseguidas por dois caminhos principais, a adaptação e a mitigação. Na adaptação, são promovidas iniciativas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança no clima. Já na mitigação, são incentivadas mudanças e substituições tecnológicas que reduzam o uso de recursos e emissões por unidade de produção, bem como a implementação de medidas gerais que reduzam as emissões de GEE.

A importância de mudanças e substituições tecnológicas que reduzem o uso de recursos e as emissões de GEE resultantes de processos produtivos tem sido objeto de grande parte da literatura (FREEMAN; SOETE, 1997; FRONDEL; HORBACH; RENNINGS, 2007; KEMP; SOETE, 1992). Parte deste debate trata da necessidade de evitar que o aprisionamento a tecnologias disponíveis (efeito *lock-in*) induza à proliferação de tecnologias *end-of-pipe* que por definição apenas transferem a poluição de um lugar para outro, ao invés de empregar processos mais limpos²⁵. Sob a perspectiva da firma, o benefício em investir nessas tecnologias está no retorno de curto prazo que elas proporcionam, além da possibilidade de aplicação em uma ampla gama de tecnologias de produção, propiciando um maior mercado para esse tipo de tecnologia, se comparado a inovações em processos mais limpos.

2.2 Inovações em tecnologias de mitigação das mudanças climáticas

A atividade inovativa com objetivos ambientais tem recebido crescente atenção ao longo das últimas décadas, bem como novas abordagens teóricas e metodológicas (HORBACH, 2008; HORBACH; RAMMER; RENNINGS, 2012; LANJOUW; MODY, 1996; RENNINGS, 2000). Essa atenção se deve ao seu potencial em reduzir o custo social da melhoria da qualidade do meio ambiente. Desta forma, o primeiro desafio de qualquer estudo que trate das

²⁵ Um exemplo é a tecnologia de conversores catalíticos que reduzem os gases nocivos emitidos pelos motores de combustão interna, ao invés de desenvolver algum tipo alternativo de motor que não produza esses gases (FREEMAN; SOETE, 1997, p. 418).

relações entre inovações tecnológicas e meio ambiente deve ter a sua exata definição e seus fundamentos conceituais. São questões fundamentais: como essas inovações podem ser definidas? Quais as suas particularidades em relação às demais formas de inovação?

O processo de inovação em geral é percebido pela literatura, num sentido abrangente, englobando tudo que cria valor a um negócio e o torna diferenciado (SCHUMPETER, 1943). Essa abrangência também é contemplada na definição operacional de inovação do Manual de Oslo (OECD, 1997). Ao distinguir as inovações em produto, processo e organizacional, a definição do Manual de Oslo é adequada para a análise das várias formas de tecnologias, mas requer investigações complementares para distinguir explicitamente as *inovações ambientais* das *inovações não ambientais*. Isso se deve ao fato de a definição geral de inovação utilizada pelo manual ser neutra no que se refere ao seu conteúdo e aberta para todas as direções da mudança técnica (RENNINGS, 2000, p. 322).

Ao longo das últimas décadas, diversos estudos têm se empenhado em definir, identificar e mensurar as inovações ambientais. Essa iniciativa busca a legitimação de um significado comum que expresse os objetivos envolvidos e possibilite a coordenação dos esforços a serem empreendidos (OECD, 2009a). Como essa tarefa envolve questões complexas, existe pouco consenso entre as definições utilizadas na literatura, por isso diversos termos têm sido utilizados como sinônimos tanto pelo público em geral quanto no meio acadêmico²⁶ (CARRILLO-HERMOSILLA; DEL RÍO; KÖNNÖLÄ, 2010). Independentemente da definição adotada, esses estudos têm em comum o fato de propiciarem um tratamento das inovações ambientais de forma distinta das inovações em geral.

O termo eco-inovação é um dos mais comuns na literatura, e crescentemente utilizado na gestão ambiental e na formulação de políticas públicas²⁷. O termo foi empregado pela primeira vez por Fussler e James (1996) e definido como o desenvolvimento de novos

²⁶ Os mais comuns são: Eco-inovação, Inovação ambiental, Inovação para o desenvolvimento sustentável, Inovações sustentáveis, Inovações verdes, Inovações limpas. Em inglês, respectivamente: *Eco-innovation*, *Environmental innovation*, *Innovation for sustainable development*, *Sustainable innovation*, *Green innovation* e *Clean Innovation*.

²⁷ A União Europeia utilizou o termo eco-inovação para apoiar os objetivos do Plano de Desenvolvimento Lisbon Strategy 2000-2010 e no Plano de Ação sobre Tecnologias Ambientais (ETAP, em inglês) publicado em 2004.

produtos, processos ou serviços que oferecem valor aos negócios e aos clientes, na medida em que diminui seu impacto ambiental.

Algumas definições de eco-inovação ressaltam as motivações ambientais dos inovadores²⁸, enquanto a maior parte delas enfatiza o seu desempenho, ou seja, o seu impacto ambiental em relação às principais alternativas disponíveis. Assim, não importa se as melhorias ambientais alcançadas foram o principal objetivo de um novo produto ou processo, se surgiu como um subproduto ou até mesmo por acaso. A ênfase no desempenho tem como pressuposto o fato de que nem toda inovação resulta em uma redução absoluta de dano ambiental. Em muitas situações a ocorrência do efeito ricochete (*rebound effects*) faz com que os ganhos ambientais de determinadas inovações sejam menores que os esperados devido ao desencadeamento de reações comportamentais ou sistêmicas²⁹.

A análise dos aspectos metodológicos envolvidos nas eco-inovações é um dos objetivos principais da pesquisa de Kemp e Pearson (2007). Nesse trabalho, os autores sistematizam o principal debate público e acadêmico sobre o tema e propõem uma ideia mais precisa de eco-inovação:

the production, assimilation or exploitation of a product, production process, service or management or business method that is novel to the organisation (developing or adopting it) and which results, throughout its life cycle, in a reduction of environmental risk, pollution and other negative impacts of resources use (including energy use) compared to relevant alternatives (KEMP; PEARSON, 2007, p. 7).

Essa definição tem sido muito utilizada pela literatura subsequente (HORBACH; RAMMER; RENNINGS, 2012; OLTRA, 2008) e possui diferenças importantes quando comparada com as anteriores. Em primeiro lugar, a inovação precisa trazer algum elemento de novidade para a firma, mas não necessariamente para o mercado. Essa visão subjetiva da inovação segue as orientações do Manual de Oslo sobre a coleta e interpretação dos dados de inovação (OECD,

²⁸ Críticos das definições de eco-inovação com ênfase nos motivos ambientais afirmam que ela ignora os ganhos ambientais das inovações *normais*, ou seja, das demais formas de inovações. Ainda que pouco explorado pela literatura, estima-se que em geral 60% das inovações resultem em benefícios ambientais (KEMP; PEARSON, 2007).

²⁹ Um exemplo desse efeito é a troca de um carro altamente poluente para outro mais eficiente, que garante uma eficiência energética com um gasto menor de combustível, gerando uma economia que pode proporcionar uma viagem nas férias. Desta forma, essa economia tende a se transformar em outro gasto que também resulta no consumo de combustível. Esse efeito é importante para que se verifique que a redução absoluta das emissões não ocorre na mesma proporção em que a sua intensidade diminui (SORRELL, 2007).

2005). Entretanto, desvia da noção econômica de inovação de Schumpeter (1934), que enfatiza a primeira introdução de um novo produto, processo ou estrutura organizacional, ao incluir a adoção de inovação previamente introduzida por outros. Acrescentar a *adoção* ao conceito de inovação tem como objetivo dar ênfase ao papel crucial do processo de difusão dessas tecnologias (HORBACH; RAMMER; RENNINGS, 2012, p. 113).

Em segundo lugar, ao enfatizar o resultado em detrimento da motivação, é preciso que o desempenho ambiental resultante das eco-inovações, que é medido pelo seu impacto ao longo do seu ciclo de vida, seja superior às alternativas relevantes. Essa definição de eco-inovação também pode incluir inovações em estruturas sociais e institucionais, logo, seu escopo pode se estender para além dos limites convencionais das firmas e abranger uma esfera social mais ampla, envolvendo mudanças nas normas sociais, nos valores culturais e nas estruturas institucionais.

Existem desafios na operacionalização dessa definição para estudos empíricos sobre o tema. Primeiramente, ao incluir na definição a possibilidade de *adoção*, as eco-inovações se tornam um conjunto excessivamente heterogêneo de inovações, o que dificulta a tarefa de sua mensuração para fins específicos (HORBACH; OLTRA; BELIN, 2013). Outro aspecto é a dificuldade em se avaliar o ciclo de vida, que tanto restringe as eco-inovações a um conjunto específico de inovações, quanto torna mais difícil legitimar sua identificação em entrevistas de pesquisa (KEMP; PEARSON, 2007).

Em resposta ao problema da heterogeneidade e dos diversos formatos possíveis das eco-inovações, o relatório da OCDE (2009a) propõe uma tipologia em três dimensões principais: objetivo, mecanismo e impacto. A primeira dimensão se refere ao objetivo da eco-inovação, podendo ser: i) produto: bens e serviços; ii) processo: método de produção ou procedimento; iii) métodos de comercialização: promoções, precificação de produtos e outras estratégias; iv) organizacional: estrutura de gestão e distribuição de responsabilidades; e v) institucional: áreas sociais mais amplas para além do controle de uma única empresa, tais como arranjos institucionais mais amplos, normas sociais e valores culturais.

A segunda dimensão é o mecanismo pelo qual a mudança nos objetivos da eco-inovação ocorre ou é introduzida, podendo ser dividida em: i) modificações: pequenos ajustes progressivos de produtos e processos; ii) redesenho: mudanças significativas em produtos

existentes, processos, estruturas organizacionais, entre outros; iii) alternativas: introdução de produtos e serviços que podem cumprir as mesmas necessidades funcionais na forma de substitutos para outros produtos; e iv) criação: concepção e introdução de produtos totalmente novos, processos, procedimentos e configurações organizacionais e institucionais.

Finalmente, a terceira dimensão aborda o impacto das eco-inovações nas condições ambientais por meio do seu ciclo de vida ou alguma outra forma. Esse impacto depende da combinação do objetivo e do mecanismo da inovação e pode ser analisado por meio de uma escala contínua, que vai de um simples incremento na melhoria ambiental até a completa eliminação dos danos ambientais. Em algumas áreas essa dimensão pode ser relacionada com o conceito de *fator*, que é usado para descrever o desempenho tecnológico no que diz respeito à eficiência de energia e de recursos. A Figura 1 apresenta uma visão geral das eco-inovações a partir desta tipologia.

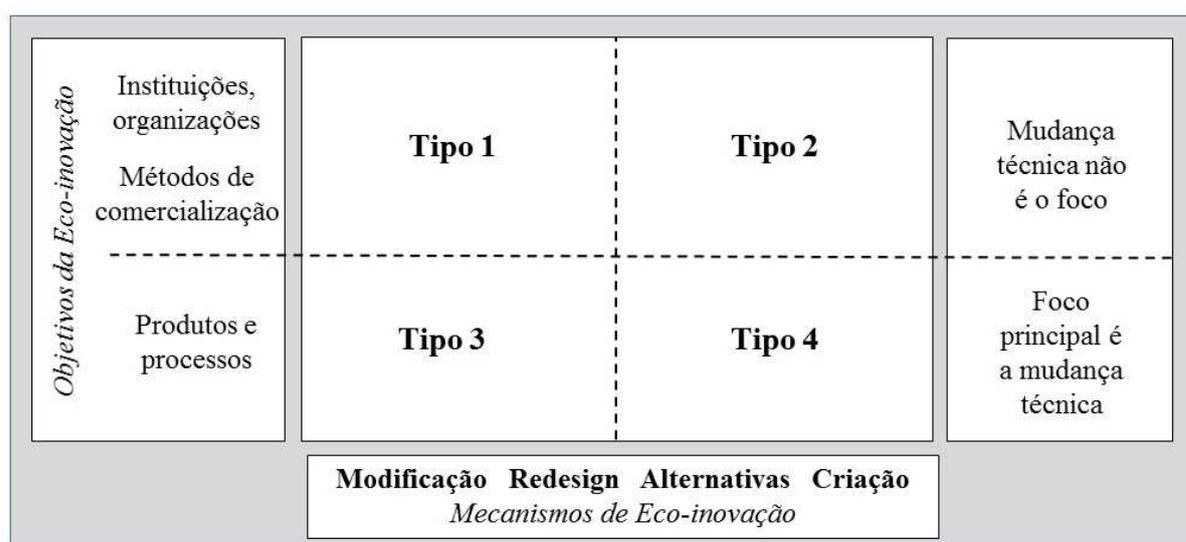


Figura 1 – A tipologia de eco-inovação.
 Fonte: OCDE (2009a, p. 46). Elaboração própria.

Essa tipologia tem como objetivo subsidiar a tomada de decisão e a construção de uma estratégia tecnológica no que diz respeito a áreas específicas (objetivos), o tipo de progresso que está sendo feito (mecanismos), e os efeitos resultantes (impactos). Em termos práticos, essa compreensão mais completa das inovações exige um conjunto amplo de informações e envolve mudanças tecnológicas e não tecnológicas.

Enquanto as eco-inovações em produtos e processos estão intimamente relacionadas com os avanços tecnológicos (Tipos 3 e 4), os métodos de comercialização, as estruturas

organizacionais e os acordos institucionais tendem a ser associados a mecanismos não tecnológicos (Tipos 1 e 2). A inclusão de formas não tecnológicas é um tema relativamente novo na literatura de inovação e só passou a ser considerado na terceira revisão do Manual de Oslo (OECD, 2005). Como revela a Figura 1, quanto mais alto for o benefício ambiental, maior será a dificuldade de coordenação, como é o caso das eco-inovações do tipo 2. Esse tipo de eco-inovação também requer mecanismos mais complexos como *alternativas* e *criação*, que muitas vezes podem não ter como objetivo a mudança técnica³⁰. A tipologia proposta pela OCDE tem como mérito revelar o grande escopo de alternativas advindas das eco-inovações e como estratégias empresariais e políticas públicas devem tratar de cada uma delas³¹.

O debate acerca do conceito de eco-inovação se apresenta ativo tanto na literatura específica quanto em instituições e políticas públicas. Entretanto, é preciso reconhecer a grande variedade de usos existentes e a grande dificuldade em estabelecer consensos sobre o tema. Para a literatura, essa conceituação herda as mesmas dificuldades já existentes na própria definição de uma inovação em geral, e os estudos padecerão de dificuldades permanentes de comparação e homogeneidade. Nas instituições e políticas públicas, a construção de consensos, ainda que difícil, é crucial para coordenação dos esforços de diferentes atores e espaços geográficos.

O atendimento do objetivo desta tese não exige uma descrição mais detalhada das principais questões que envolvem a definição de uma eco-inovação. Como seu escopo é orientado pela análise dos efeitos gerais da dinâmica das firmas nessas tecnologias, não se faz necessária uma avaliação da motivação ambiental do inovador e do grau de inovatividade, nem pressupõe a comparação com alternativas relevantes. Desta forma, acredita-se que a terminologia mais conveniente para este trabalho é *Tecnologias de Adaptação e Mitigação*

³⁰ Um exemplo desse tipo de eco-inovações é um sistema distribuído de energia solar fotovoltaica conectado à rede (*Grid-connected distributed*). Esse sistema é concebido para tornar “inteligente” o sistema de distribuição de energia elétrica e exige um conjunto de mudanças tecnológicas e não tecnológicas. Para viabilizar a comercialização da energia elétrica, dado que o cliente não apenas compra, mas também vende o excesso de energia gerada para o sistema, são necessárias mudanças em diversos acordos institucionais e na legislação que regulamenta o setor (FEITOSA, 2010).

³¹ Entretanto, numa perspectiva dos estudos empíricos sobre o tema os desafios permanecem, dada a grande heterogeneidade das inovações e a dificuldade na mensuração para fins específicos, além das dificuldades em avaliar o ciclo de vida para estimativa dos impactos.

das Mudanças Climáticas. Porém, por motivos de brevidade e adequação a estudos similares (DECHEZLEPRÊTRE *et al.*, 2011; HAŠČIČ *et al.*, 2010), o trabalho adota apenas *Tecnologias de Mitigação das Mudanças Climáticas* (TMMC, em português; CCMT, em inglês), ainda que seu escopo também inclua, em menor parte, as tecnologias de adaptação.

Não existe um consenso sobre o que determina uma TMMC da mesma forma elas representam um conjunto bastante heterogêneo de tecnologias. A principal referência para estudos aplicados e que será adotada no presente trabalho é a classificação desenvolvida pela *World Intellectual Property Organization* (WIPO) chamada *IPC Green Inventory*, que divide essas tecnologias numa estrutura hierárquica, distribuída em setores e subsetores, como pode ser observado no Anexo 1 deste trabalho.

2.3 Mudanças climáticas como fator exógeno que afeta o processo de busca

É possível dividir em três níveis principais os fatores exógenos relacionados às mudanças climáticas que afetam o grau e a direção dos processos de busca tecnológica. O primeiro é o nível da firma, que é marcado por circunstâncias que podem encorajar firmas a investir em processos de busca, dentre as quais se destacam o esgotamento tecnológico, a expansão para além de mercados nacionais (AHUJA; KATILA, 2004) e pressões sociais (KESIDOU; DEMIREL, 2012). O segundo é o nível de mercado, caracterizado por condições específicas da sua formação e evolução que afetam o seu funcionamento e a distribuição de incentivos, como a existência de falhas e externalidades. O terceiro é o nível do sistema, que, a partir de diferentes condições de oportunidade tecnológica, reflete os incentivos para realização de atividades inovativas (MALERBA; ORSENIGO, 1993). Nesse nível, destacam-se fatores institucionais diversos e as políticas exercem um papel central na condução dos processos de busca³².

2.3.1 Fatores no nível da firma

No que se refere ao nível da firma, alguns fatores externos podem ser elencados como indutores dos processos de busca tecnológica. De acordo com Ahuja e Katila (2004), determinados contextos estimulam firmas a criar caminhos inovativos únicos, que afetam o

³² Laursen (2012) sugere ainda que o nível individual pode afetar os processos de busca a partir dos diferentes comportamentos e métodos de pesquisa de cientistas e engenheiros.

grau e a direção dos processos de busca tecnológica. Em seu estudo sobre empresas do setor químico com sede nos Estados Unidos, Ahuja e Katila (2004) denominam esses contextos *situações idiossincráticas*, como o esgotamento tecnológico e a expansão para além de mercados nacionais.

O processo inovativo é um processo de acoplamento e de correspondência, no qual a interação é um elemento crítico (FREEMAN; SOETE, 1997, p. 200). Com frequência, esse processo ocorre através da combinação e recombinação de elementos existentes em novos artefatos. Entretanto, a menos que ao longo do tempo os elementos disponíveis para a recombinação sejam aumentados de alguma forma, o ritmo da inovação deve diminuir à medida em que o espaço disponível para essa recombinação se esgota (FLEMING, 2001). Para lidar com esse cenário, as firmas que já realizam investimentos em áreas onde a tecnologia é bem explorada são induzidas a buscar o acesso a novas fontes de conhecimento (AHUJA; KATILA, 2004).

Outra situação idiossincrática é a ocorrência de uma expansão para além de mercados nacionais. As firmas que operam em vários mercados nacionais estão sujeitas a lidar com as circunstâncias específicas de cada mercado. Nesses casos, as variações nas necessidades dos usuários, nos processos de fabricação ou na disponibilidade de insumos podem exigir a adaptação da tecnologia a contextos locais ou mesmo o desenvolvimento de tecnologias completamente novas (AHUJA; KATILA, 2004). Essa expansão para novos mercados geográficos também pode apresentar diversas oportunidades. A presença em novos mercados aumenta o potencial de busca da firma por meio da participação em redes internas e externas de pesquisa para a criação de conhecimento ou inovação (CANTWELL, 2013).

No caso da busca em áreas com potencial de mitigação das mudanças climáticas, a expansão para novos mercados é marcada por níveis mais elevados de atividade tecnológica internacional se comparados à atividade nas demais tecnologias (DECHEZLEPRÊTRE *et al.*, 2011). Nesse contexto, a expansão dos mercados para a tecnologia tem exercido um papel crucial na estratégia tecnológica das firmas, como meio para viabilizar a busca no ambiente tecnológico internacional. O surgimento e consolidação desses mercados permitiu uma nova janela de oportunidade para as firmas que são mais abertas para o exterior e que estão permanentemente envolvidas em atividade de pesquisa (ARORA; FOSFURI; GAMBARDELLA, 2001). Diante do fato de as firmas recorrerem à busca exploratória de conhecimento para alimentar sua capacidade de inovação, a necessidade de explorar a

quantidade crescente de fontes externas de conhecimento afeta o grau e a direção desse processo.

Outros fatores que interferem no processo de busca nessa área são as pressões sociais e as exigências do mercado. O estudo de Kesidou e Demirel (2012, p. 868) mostra que essas pressões e exigências de fato induzem firmas a realizarem investimentos, porém esse esforço é pequeno e insuficiente para incentivar a mobilização de grandes quantidades de recursos para inovação ambiental. Outro resultado desse estudo é que a responsabilidade social corporativa e as necessidades dos clientes para produtos ecológicos não afetam o nível de investimento nessas inovações.

A consciência ambiental dos consumidores e das empresas também é uma variável importante, em se tratando de produtos e serviços verdes (*environmentally friendly*). Popp, Hafner e Johnstone (2011), num estudo sobre a indústria de papel e celulose nas décadas de 1980 e 1990, mostram que a pressão dos consumidores somada à regulação foram fundamentais para o desenvolvimento de difusão de tecnologias livres de cloro (*Chlorine-Free*), que possui diversos efeitos nocivos à saúde humana. Para os autores, enquanto estudos precedentes enfatizaram a importância fundamental da regulação para induzir essas inovações, esse caso revela que muitas inovações ocorreram antes da regulação ser implementada.

2.3.2 Fatores no nível dos mercados

Muitos dos impactos ambientais das atividades econômicas, como a emissão de gases poluentes, são casos típicos de externalidades, ou seja, são o efeito de uma atividade cujas consequências são sofridas por uma ou várias partes que não sejam aquelas que controlam a atividade que produziu a externalidade³³. No funcionamento de um sistema econômico, enquanto o custo para o uso de recursos produtivos, como matéria-prima e trabalho, é

³³ É uma típica manifestação de falhas de mercado, onde o bem-estar do consumidor ou a possibilidade de produção da firma são diretamente afetados pela ação de outro agente na economia (MAS-COLELL; WHINSTON; GREEN, 1995, p. 352).

internalizado pelas firmas ao pagar por seu uso, não existem incentivos econômicos para minimizar os custos externos das emissões e das externalidades em geral³⁴.

De acordo com a literatura econômica clássica, diante da presença de falhas de mercado, alguns dos pressupostos de teoremas do bem-estar não podem ser invocados para produzir um resultado ótimo de Pareto. Essas situações exigem intervenções com o objetivo de atenuar estes desequilíbrios, aumentando o incentivo para as empresas minimizarem as externalidades pela imposição de um limite para o nível das emissões e a internalização dos custos ambientais.

Numa perspectiva de curto prazo, essa literatura demonstra que a eficiência destas políticas exige a comparação do custo marginal da redução das emissões com o benefício marginal de uma atmosfera mais limpa. Em termos estáticos, enquanto as emissões de gases mais danosos devem ser fortemente restringidas pelos altos custos marginais impostos à sociedade, a emissão de gases cuja eliminação é mais onerosa deve ser tolerada, diante do alto custo marginal em reduzi-las (JAFFE; NEWELL; STAVINS, 2005).

Por outro lado, a inclusão da mudança técnica nesta equação altera o *trade-off* entre custo marginal do controle das emissões e os benefícios sociais marginais, já que diversas tecnologias, como, por exemplo, os métodos de controle de emissões e produção limpa, tendem a reduzir o custo marginal para se alcançar uma determinada unidade de redução das emissões. Como resultado, as introduções de mudanças técnicas possibilitam que um determinado nível de qualidade ambiental seja alcançado a um menor custo total para a sociedade.

O alcance de níveis de mudança técnica requeridos não é trivial e a ação de livres forças de mercado resulta num nível de investimento privado em tecnologias ambientais inferior ao ideal socialmente desejado. A principal justificativa é o surgimento de falhas de mercado no processo de invenção, inovação e adoção (ou difusão) tecnológica. A conjunção dessa falha com as externalidades ambientais negativas das emissões de poluentes resulta no que a literatura denomina como o problema da *dupla externalidade* (RENNINGS, 2000).

³⁴ Existe uma longa tradição no estudo destas questões, a destacar o *princípio do poluidor pagador* de Pigou (1920) e Baumol & Oates (1971 e 1998).

A identificação dessas falhas de mercado pela literatura parte do reconhecimento de que a atividade inovativa não acontece no vácuo, mas constitui um processo mais complexo do que se costuma considerar (JAFFE; NEWELL; STAVINS, 2005). A fase de invenção exige pesquisa científica e de engenharia para transformar ideias em produtos e em processos comerciais. Já na fase de adoção, exige-se o esforço de aprendizado sobre a nova tecnologia, aquisição de novos equipamentos e adaptação das tecnologias a circunstâncias particulares. Como resultado dessa abordagem, torna-se possível identificar falhas de mercado em cada uma das fases do processo, que podem ser classificadas em três grupos principais: as externalidades de conhecimento, as externalidades de adoção e de difusão, e a informação incompleta.

No primeiro grupo, as externalidades de conhecimento resultam da dificuldade que os agentes econômicos enfrentam na captura dos benefícios da inovação. Ainda que alguns tenham mais sucesso em obter retornos do seu investimento, ele é sempre uma fração dos benefícios gerais desta inovação para a sociedade como um todo. Em outras palavras, as inovações geram de *spillovers* de conhecimento para outras firmas e de *spillovers* de valor ou excedente do consumidor para os usuários da nova tecnologia³⁵.

Essa externalidade é resultado da natureza do conhecimento, que faz com que as firmas não consigam evitar que outros também se beneficiem dos seus novos conhecimentos e com que não capturem para si todos os benefícios da inovação. Desta forma, determinada firma, ao produzir uma externalidade com a emissão de GEE, obtém os benefícios econômicos da emissão e impõe os custos das emissões para a sociedade. No caso da tecnologia de mitigação das mudanças climáticas, o problema é inverso, pois a firma que investe ou implementa uma inovação cria benefícios para outros enquanto incorre em todos os custos.

No segundo grupo de falhas de mercado, as externalidades de adoção e difusão tecnológica advêm do fato de o custo ou valor de uma nova tecnologia para um usuário também depender do número de outros usuários que adotarão essa tecnologia. Apenas mais recentemente essa externalidade foi incorporada pela literatura convencional como uma falha de mercado

³⁵ Estimativas apontam que a taxa de retorno social média das inovações pode ser de 30% ou mais (JONES, 2002, p. 220) e as taxas de retorno social dos gastos em P&D, pelo menos, duas vezes as taxas de retorno privado (JONES; WILLIAMS, 1998, p. 1119).

(BERNDT; PINDYCK; AZOULAY, 2000; JAFFE; NEWELL; STAVINS, 2005). O benefício associado com a escala de adoção de uma tecnologia é conhecido como *retornos crescentes dinâmicos*, sendo gerado por processos de *learning-by-using*, *learning-by-doing* ou externalidades de rede. A adoção e a difusão de uma inovação tende a ser um processo tipicamente gradual e exerce um papel central na determinação de seu sucesso, pois exige que a nova tecnologia seja adaptada a diferentes circunstâncias e prove sua superioridade entre as demais opções existentes.

O processo de *learning-by-using* afeta a demanda pela tecnologia, pois a sua adoção por um usuário gera uma externalidade positiva para os demais devido à geração de informações sobre a existência, as características e o sucesso da nova tecnologia. Do lado da oferta, o *learning-by-doing* faz com que fabricantes ganhem experiência com a produção, e se os *spillovers* de conhecimento beneficiam outros concorrentes sem uma devida compensação, podem representar uma externalidade de adoção adicional. Já as externalidades de rede surgem quando uma determinada tecnologia se torna mais valiosa para um usuário individual a partir do momento em que outros usuários adotam um produto com a mesma tecnologia. Essa externalidade é crítica para a compreensão do sistema tecnológico existente, por auxiliar na previsão de desenvolvimentos tecnológicos ou políticos.

No terceiro grupo de falhas, a informação incompleta é o resultado de assimetria de informações existentes entre os agentes envolvidos em uma transação econômica. Os retornos do investimento em inovação para mitigação das mudanças climáticas envolvem níveis particularmente elevados. Ainda que qualquer investimento numa nova tecnologia envolva um determinado grau de incerteza, existe um grau de incerteza ainda maior sobre os futuros impactos do processo de mudanças climáticas, a magnitude da resposta política e por consequência dos prováveis retornos do investimento em P&D. Essas questões garantem contornos ainda mais complexos ao problema.

De modo geral, a informação sobre as perspectivas de sucesso das pesquisas é assimétrica, pois existem dificuldades de antecipação dos resultados da pesquisa básica e alta incerteza sobre efetividade de suas futuras aplicações. Nessas condições, a mudança técnica é operada em ambientes de alto grau de risco já que suas características funcionais variam ao longo do tempo e estão sujeitas a um conjunto complexo de variáveis econômicas e sociais (ALIC; MOWERY; RUBIN, 2003; JAFFE; NEWELL; STAVINS, 2005).

2.3.3 Fatores no nível do sistema

No nível do sistema, os fatores que afetam os processos de busca estão relacionados às oportunidades tecnológicas, ou seja, a variações exógenas no custo e na dificuldade de inovação em diferentes domínios tecnológicos (JAFFE, 1986). Essas variações se devem a características intrínsecas da tecnologia, ou ao estágio de evolução do conhecimento científico num determinado período. Portanto, o nível de oportunidade tecnológica pode mudar ao longo do tempo, mas requer uma quantidade de mudanças significativas para se manifestar (FEITOSA, 2016).

O conjunto de possibilidades de avanço tecnológico pode ser medido pelo retorno dos gastos em P&D diante de fatores como as condições de demanda, o estágio de desenvolvimento tecnológico e o regime de apropriabilidade (MALERBA; ORSENIGO, 1993). A existência de elevados níveis de oportunidade tecnológica representa um forte incentivo para condução de processos de busca, ainda que esses incentivos sejam sistematicamente diferentes entre setores e tecnologias. Os níveis elevados de oportunidade permitem uma maior chance para que as firmas combinem e recombinem elementos do conhecimento através da busca tecnológica.

Na medida em que os recursos são aplicados à P&D e os projetos são concluídos, o conjunto de oportunidades pode se esgotar e as possibilidades de combinação se tornam mais limitadas. Entretanto, como as condições de oportunidade são dinâmicas por natureza, esse conjunto pode ser reabastecido por novas fontes. Klevorick *et al.* (1995, p. 189), afirmam que as fontes de oportunidade tecnológica se devem: i) aos avanços na compreensão científica que fundamenta toda a atividade de P&D das firmas. Na ciência básica, esses avanços têm impulsionado as taxas de melhoria tecnológica em uma ampla gama de setores e têm sido um requisito fundamental para a maioria do progresso tecnológico realizado desde o último século; ii) ao progresso tecnológico que tem origem em outras indústrias, ou seja, as oportunidades tecnológicas que surgem dos avanços tecnológicos no restante da economia; e iii) à existência de retornos positivos (*feedbacks*), pois em muitos setores industriais a pesquisa que é realizada no presente gera novos conhecimentos e aumenta as oportunidades tecnológicas futuras.

Essas fontes de oportunidade tecnológica que surgem nos setores industriais são moldadas e induzidas por um arcabouço institucional formado por organizações, convenções e normas sociais em geral. De um amplo conjunto de fatores institucionais existentes, o efeito da regulação é certamente o aspecto mais investigado pela literatura, principalmente quanto à eficácia de padrões ambientais, tecnológicos e baseados em desempenho, e nos instrumentos de mercado, tais como: impostos piguianos³⁶, subsídios, sistemas de depósito/restituição e licenças negociadas.

Esse debate é fortemente influenciado pela repercussão dos argumentos propostos por Porter (1991). O que ficou conhecido como *Hipótese de Porter* sugere que a regulação ambiental pode ter um efeito positivo sobre o desempenho de empresas nacionais em relação aos seus concorrentes estrangeiros, estimulando a inovação doméstica. Posteriormente, Porter e Van der Linde (1995) foram além ao afirmar que as regulações ambientais não apenas pressionam as firmas a inovar, mas também estimulam o seu crescimento e competitividade.

O argumento de Porter e Van der Linde (1995) é que o debate em termos da existência de um *trade-off* entre benefício social e custos privados desconsidera o novo paradigma de competitividade internacional baseado em inovação que emergiu nas décadas de 1980 e 1990. Nesse paradigma, a competitividade no nível industrial é resultado do alcance de uma produtividade superior, tanto em termos de baixos custos em relação aos rivais quanto da habilidade de ofertar produtos com valor superior. Desta forma, as evidências revelam que firmas alcançam competitividade não por operações em larga escala e com insumos baratos, mas com contínuo aprimoramento e inovação.

Ao avaliar os efeitos de políticas sobre a difusão tecnológica, Jaffe e Stavins (1995) contrariam a visão convencional e mostram que os subsídios de adoção possuem impacto superior à aplicação de taxas piguianas. Em outro estudo sobre gastos ambientais e inovação em um painel de setores industriais, Jaffe e Palmer (1997) revelam que maiores gastos com conformidade ambiental levam a um aumento de investimento em P&D.

³⁶ Também conhecidos como *taxas piguianas* são tributos aplicados a uma determinada atividade econômica que é passível de geração de externalidades negativas.

De forma geral, os estudos empíricos mostram que as normas ambientais afetam a inovação das empresas, assim como maiores pressões regulatórias e normativas em questões ambientais influenciam positivamente a propensão das empresas a apostar na inovação ambiental (BERRONE *et al.*, 2013; KESIDOU; DEMIREL, 2012). Contudo, segundo Brunnermeier e Cohen (2003), a expansão do monitoramento e da fiscalização da regulação existente não oferecem nenhum incentivo adicional para inovar.

Os resultados sobre a eficiência dos incentivos regulatórios não são um consenso na literatura, pois existe uma variação substancial nos resultados obtidos por instrumento e pelas políticas (VEUGELERS, 2012). Downing e White (1986) e Milliman e Príncipe (1989) argumentam que os incentivos a inovar são mais fortes em sistemas baseados no mercado, como taxas de emissão ou licenças, do que sob os regulamentos de comando e controle.

Nas abordagens baseadas em mercado, as justificativas para as intervenções estão baseadas na correção de externalidade e falhas de mercado, ainda que os diagnósticos variem na sua intensidade e urgência. Nordhaus (2008) afirma que essas intervenções devem ser graduais e limitadas a um período de tempo, e que a regulamentação ótima deve limitar o crescimento econômico apenas em uma pequena quantidade. Para Acemoglu *et al.* (2014), uma regulação ótima por um determinado período seria suficiente para redirecionar a mudança técnica. De qualquer forma, o sacrifício de parte do crescimento de longo prazo é inevitável. Já o diagnóstico de Stern (2008) é menos otimista e defende intervenções mais extensas e imediatas, ainda que possam implicar em significativos custos econômicos.

Como as políticas podem afetar o preço e a quantidade relativa do uso dessas tecnologias, Nordhaus (2008) afirma que a forma adequada de enviar um sinal correto para um conjunto amplo e diversificado de atores é a instituição de uma taxa de carbono que, para ter o efeito desejável, precisa ser global. O autor também avalia que o sistema de *cap and trade*³⁷ não é capaz de enviar um sinal confiável, pois induz a uma forte flutuação nos preços de emissões e também está sujeito a um excessivo *rent-seeking*.

³⁷ Nesse sistema, o governo estabelece um comércio de emissões em que mecanismos de mercado são utilizados para controlar a poluição por meio do fornecimento de incentivos econômicos para alcançar reduções nas emissões de gases poluentes.

Para Foray, Mowery, Nelson (2012) e Mazzucato (2016), as mudanças climáticas devem ser tratadas pelas políticas de inovação como desafios socioeconômicos-tecnológicos (*socioeconomic-technological challenges*). Desta maneira, as estratégias tradicionais baseadas nas falhas de mercado devem ser supridas pela ação mais ativa na criação de mercado. São exemplos as políticas de inovação que ajudam a reduzir os custos nas fases de invenção e introdução no mercado por meio do apoio financeiro para projetos-piloto, e, na fase de difusão, na melhoria das características de desempenho das inovações. Já a política ambiental é responsável pela internalização dos custos externos impostos pela concorrência na fase de difusão³⁸.

Existem divergências relevantes a respeito da extensão e da forma destas políticas para induzir a busca e a inovação em tecnologias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Para muitos autores, a dimensão dos problemas envolvidos e o pouco tempo disponível para implementação de suas soluções torna urgente a efetivação de grandes programas governamentais, com dimensão e escala análogos ao *Manhattan Project* (AMIDON, 2005; MICHAELSON, 1998; READ; LERMIT, 2005; SOMERVILLE, 2006) e ao *Apollo Program* (DUNN, 2002; JACOBSON, 2005). Mais recentemente, outro grupo de autores tem reivindicado um *Green New Deal* (DIPESO, 2009; FRIEDMAN, 2007; GROUP, 2008).

Do outro lado deste debate, Mowery, Nelson e Martin (2010) afirmam que os modelos baseados em grandes programas governamentais são inapropriados, pois emulam políticas usadas no passado para enfrentar desafios atuais que possuem características próprias³⁹. Os projetos Apolo e Manhattan foram programas governamentais muito particulares, elaborados, financiados e geridos por agências federais com objetivos específicos, e que tiveram o governo como o único cliente. Por outro lado, os autores consideram que as mudanças climáticas exigirão o envolvimento de atores heterogêneos, dispersos geograficamente e que precisarão empenhar expressivos volumes de recursos privados e públicos. Portanto, as tecnologias requeridas deverão atender à necessidade de diversas indústrias em vários níveis de complexidade, de novos motores a turbinas eólicas, do setor de transporte ao setor

³⁸ Independentemente da estrutura da intervenção adotada, é consenso que a ausência de punição pelos impactos nocivos ao meio ambiente, via mecanismos de mercados, tem como resultado uma distorção na concorrência entre as inovações ambientais e não ambientais.

³⁹ Em sentido figurado é como colocar um vinho novo em uma garrafa velha (*putting new wine in old bottles*).

energético. Entretanto, as tecnologias representam apenas uma parte da solução do problema, mesmo que concordem com a necessidade de políticas tecnológicas governamentais. Para os autores, a natureza dos desafios é substancialmente diferente, ainda que os impactos previstos pelas mudanças climáticas suscitem questões técnicas e econômicas que podem inclusive ser mais complexas que uma aterrissagem lunar ou o desenvolvimento de bombas atômicas.

Mazzucato (2016) também afirma que as políticas atuais podem aprender com a abordagem orientada por missões (*mission-oriented*), principalmente quando é necessário que os setores público e privado trabalhem juntos no processo de busca e na criação de novas tecnologias e setores. Nessa abordagem, o lado público dessas parcerias não se limita a incentivar, facilitar, ou diminuir os riscos do setor privado. Mais do que isso, o risco do lado público é assumido por meio da escolha de uma determinada direção da busca tecnológica.

Entretanto, as propostas de políticas tecnológicas inspiradas em ênfase aos objetivos públicos dos anos 1950 e 1960 precisam considerar as diferenças fundamentais entre os projetos *mission-oriented* e novos projetos para enfrentamento de problemas ambientais. Freeman (1997) afirma que essas diferenças podem ser sistematizadas em cinco questões principais, como é apresentado pelo Quadro 4.

Quadro 4 – Características dos antigos e dos novos projetos orientados a uma missão

Características	Antigo: Defesa, nuclear e aeroespacial	Novo: Tecnologias ambientais
Definição da missão	Realizada em termos do número e tipo de resultados técnicos com pouca preocupação com sua viabilidade econômica.	Realizada em termos de sua viabilidade econômica para solução técnica de problemas ambientais específicos.
Definição dos objetivos	Definidos antecipadamente por um pequeno grupo de especialistas.	Definido por uma ampla gama de agentes, incluindo governos, firmas privadas e grupos de consumidores.
Forma de controle	Centralizado dentro de uma administração governamental.	Descentralizado com um grande número de agentes envolvidos.
Número de firmas envolvidas	Pequeno e limitado devido à ênfase em um pequeno número de tecnologias radicais.	Grande e ilimitado devido à ênfase no desenvolvimento de inovações tanto radicais como incrementais.
Políticas complementares	Pequena necessidade, projetos autossuficientes e escassa atenção prestada à coerência.	Essenciais para o sucesso. Muita atenção é prestada à coerência com relação a outros objetivos.

Fonte: Freeman (1996, p. 37). Elaboração própria.

O problema das abordagens que sustentam as políticas apenas em termos de correção de falhas e externalidades é a dificuldade de incorporar justificativas para a criação de mercados orientados para uma missão, como é o caso das mudanças climáticas. Da mesma forma, por não considerar o Estado como um condutor de investimentos e criador de mercado, as abordagens baseadas em mercado não fornecem uma orientação sobre o tipo e a estrutura das

organizações do setor público que são necessárias para garantir e expandir a busca em tecnologias de alto risco. Por fim, a perspectiva limitada apenas à *intervenção* dificulta a avaliação dos investimentos e a distribuição dos riscos e benefícios entre o Estado e o setor privado (MAZZUCATO, 2016).

Para além da avaliação de políticas e regulações mais adequadas ao enfrentamento das mudanças climáticas, os estudos revelam um amplo conjunto de iniciativas existentes e já testadas em diversos países em todo mundo. Essas ações têm resultado na modificação dos incentivos para exploração dessas tecnologias. O exemplo principal é o efeito das políticas implementadas no contexto da assinatura do protocolo de Kyoto que afetam fortemente a busca tecnológica e a direção do progresso técnico em áreas de mitigação das mudanças climáticas (DECHEZLEPRÊTRE *et al.*, 2011).

3 FONTES DE INFORMAÇÃO E BASE DE DADOS

Os capítulos anteriores revisaram e discutiram os principais aspectos teóricos e empíricos da diversificação tecnológica e dos processos de busca tecnológica. A discussão precedente também esclareceu as limitações nas investigações que relacionam essas variáveis e a ausência de estudos empíricos mais abrangentes. Neste capítulo, dada a proposta de condução de uma abordagem empírica que preencha essa lacuna, apresentam-se as possibilidades e limitações das fontes de dados adotada, o método para a construção da base de dados e sua descrição.

3.1 Fontes de dados de patentes

Os dados de patentes são uma fonte privilegiada de acesso a informações sobre atividade inventiva. Existe uma longa tradição na literatura do uso de estatísticas de patentes para avaliar as atividades de ciência e tecnologia. O trabalho de Schmookler (1950) foi pioneiro na utilização da contagem de patentes como indicador de mudança tecnológica em setores específicos. Desde então o seu uso se expande na velocidade do aumento da capacidade de processamento dos computadores e do acesso a bases de dados em todo mundo (OECD, 2009b).

As propriedades estatísticas dos dados de patentes são determinadas por suas características legais e pela sua aplicação econômica. Nos termos da legislação, as patentes são instrumentos jurídicos utilizados na vida econômica, sendo um título legal para proteger uma invenção. Segundo o Artigo 28 do *Trade-Related Intellectual Property Rights* (TRIPS), uma patente confere ao seu titular os seguintes direitos: i) quando o objeto se tratar de um produto, impedir terceiros, sem o consentimento do proprietário, os atos de fabricação, uso, venda ou importação desse produto; e ii) quando se tratar de um processo, impedir terceiros, sem o consentimento do proprietário, os atos de uso, venda, oferta ou importação desse serviço.

Em outras palavras, uma patente concede a seu proprietário um conjunto de direitos de exclusividade sobre uma determinada invenção. A proteção legal conferida por uma patente dá ao seu titular o direito de excluir outros de fazer, usar, vender, ofertar ou importar uma invenção no período de vigência da patente, que normalmente é de vinte anos a partir da data do depósito. Essa exclusão ocorre no país ou região abrangida legalmente pela proteção, e

esse conjunto de direitos fornece ao titular uma vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes.

Um sistema de patentes tem como propósito principal incentivar a invenção e o progresso técnico por meio da garantia de um período temporário de exclusividade sobre uma invenção. Ao fornecer proteção e exclusividade, a patente é um instrumento destinado a incentivar inventores a investir em pesquisa e trabalhos inovadores que aplicam essas invenções no uso prático⁴⁰.

A razão de um enquadramento jurídico para proteger as invenções é dada pelas características de bem público não-excludente da informação, ou seja, pela dificuldade de excluir outras pessoas do seu uso, e também pela propriedade de bem não-rival, de forma que o seu consumo não reduz a quantidade disponível para o restante da sociedade. Os direitos de patentes tornam a invenção um bem excludente, pois é necessária a autorização do inventor para usá-la, ao mesmo tempo em que a mantêm com características de bem não-rival, já que, sob determinadas condições, muitos podem usá-la ao mesmo tempo⁴¹.

Da mesma forma, as patentes enfrentam um *trade-off* econômico, pois incentivam novas invenções *ex ante*, mas têm um custo social *ex post*. Ao dar uso exclusivo de invenção a uma empresa, a patente limita a concorrência e permite preços mais elevados, excluindo assim os clientes que estariam dispostos a pagar o custo marginal de um bem, mas não podem pagar o *mark-up* cobrados pelo titular da patente. Estudiosos consideram esse dilema como central, pois patentes melhoram a eficiência dinâmica da economia por meio da promoção de inovação, crescimento e criação de valor, mas o fazem em detrimento da eficiência estática, resultando em redução da concorrência, preços mais elevados e exclusão de consumidores.

3.1.1 Patentes como indicador estatístico de atividade inventiva

Entre os indicadores de resultados tecnológicos disponíveis, os indicadores de patentes são provavelmente os mais utilizados. Estatísticas baseadas em patentes têm vários usos e

⁴⁰ Para uma análise dos dados de patentes como indicador de desempenho de inovação, vide Griliches (1990).

⁴¹ Entretanto, a informação (conhecimento) não é um bem público perfeito e pode ser protegida de outras formas que não as patentes, ou, na maioria dos casos, de formas que complementam as patentes (BLIND; PETERSEN; RAUBER, 2012).

permitem a mensuração da inventividade de países, regiões, firmas ou inventores individuais. Estudos empíricos têm mostrado que as patentes são com frequência um bom indicador do desempenho das firmas. Em estudo com 1200 firmas em quatro setores de alta tecnologia, Hagedoorn e Cloudt (2003) concluíram que o número de patentes depositadas por uma empresa é um bom indicativo de seu desempenho tecnológico. As patentes também são o meio mais frequentemente utilizado para medir eco-inovações (OLTRA; KEMP; VRIES, 2010).

As fontes de dados de patentes possuem vantagens e desvantagens na produção de informações sobre a atividade inventiva. As principais vantagens do uso desses dados se relacionam à ampla abrangência de tecnologias, pois possibilita investigações que tenham como escopo um grupo variado de campos técnicos, como é o caso da presente tese, ao tratar de tecnologias para mitigação das mudanças climáticas. Outra vantagem é que os documentos de patentes contêm informações detalhadas sobre o processo de invenção: descrição da invenção, campos tecnológicos, dados dos inventores e do requerente (proprietário), citações de patentes anteriores, referências bibliográficas, entre outros. O histórico das informações contidas nos registros administrativos é disponibilizado por grande parte dos institutos nacionais de propriedade intelectual em todo mundo, o que torna única a abrangência espacial e temporal dessa fonte de dados⁴².

Entretanto, os dados de patentes também possuem desvantagens que precisam ser observadas, como os seus limites em refletir todo o universo da atividade inventiva existente. Invenções com pouco potencial econômico podem não justificar o custo de registro patentário e questões estratégicas, como o sigilo, podem levar o inventor a preferir formas alternativas de proteção, como o segredo industrial (COHEN; NELSON; WALSH, 2000; PAVITT, 1988). Por outro lado, são raros os casos de invenções economicamente importantes que não foram patenteadas (DERNIS; GUELLEC; VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE, 2001).

Outra desvantagem está na grande diferença na propensão de patenteamento entre as áreas técnicas, o que resulta em campos com um número artificialmente maior de patentes do que

⁴² A Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), por meio da sua Agenda de Desenvolvimento, recomenda que países membros desenvolvam estudos sobre impactos econômicos, sociais e culturais de seus sistemas de propriedade intelectual. Nesse contexto, escritórios em todo mundo têm se empenhado na sistematização e disponibilização de informações dos registros administrativos sobre propriedade intelectual.

dos demais. Das diversas causas dessas diferenças, destaca-se a adoção de estratégias de *patent flooding*, ou seja, o bloqueio do acesso de concorrentes a uma determinada tecnologia a partir da “inundação” de depósitos em torno de uma patente original. Essa propensão também difere entre os requerentes, que podem ser grandes, pequenas ou médias empresas.

Por fim, algumas desvantagens também estão relacionadas à grande heterogeneidade que existe entre as patentes, fazendo com que simples contagens sejam muitas vezes enganosas. Se por um lado muitas patentes não possuem aplicação industrial, outras são muito valorizadas diante do seu potencial econômico. Da mesma forma, existem diferenças significativas entre as leis e práticas aplicadas às patentes ao redor do mundo, o que pode restringir a comparabilidade das estatísticas entre os países. É importante observar que os dados de patentes são o produto final de complexos processos jurídicos e econômicos. Desta maneira, qualquer interpretação resultante de síntese estatística em qualquer nível de agregação precisa considerar esses fatores para se evitar análises ou conclusões equivocadas.

A despeito de suas vantagens e desvantagens, os depósitos de patentes são um importante indicador de competências tecnológicas da firma. O depósito de uma patente em um determinado campo técnico significa, em algum nível, que a firma está na fronteira tecnológica e tem competências tecnológicas nessa área (BRESCHI; LISSONI; MALERBA, 2003, p. 71).

Sobre a obtenção de informações a partir destas fontes, a primeira página do documento de pedido de patente contém uma grande quantidade de informação passível de análise estatística, com exceção da informação bibliográfica reunida. Ainda assim, o *abstract*, as reivindicações e a descrição da invenção também podem ser submetidos à análise textual. Essas informações podem ser agrupadas em três categorias distintas, conforme o Quadro 5.

Quadro 5 – Informações contidas nos documentos de patentes.

Descrição técnica da invenção	<ul style="list-style-type: none"> a) Título e resumo que descreve a invenção; b) A lista de <i>claims</i>, que descreve o conteúdo inovativo do campo no qual a exclusividade é reivindicada; c) Os campos técnicos aos quais pertence o invento (com base na classificação de patentes); d) Estado da arte, que reúne o que existe de mais relevante para o invento; e) Referências utilizadas, como citação para tecnologias relevantes; f) Demais referências, que incluem publicações científicas, livros, banco de dados, entre outros.
Desenvolvimento e propriedade da invenção	<ul style="list-style-type: none"> a) A lista de inventores e seus respectivos endereços; b) A lista de depositantes e seus respectivos endereços.
Histórico do pedido	<ul style="list-style-type: none"> a) Números da patente, publicação e pedido; b) Número de prioridade; c) Data de prioridade (data do primeiro depósito); d) Data do depósito; e) Data da publicação; f) Lista de designação; g) Data da recusa ou retirada; h) Data da concessão; i) Data da prescrição.

Fonte: OECD (2009b). Elaboração própria.

O tratamento desses dados exige a realização de escolhas metodológicas que influenciam diretamente nos seus resultados. A escolha de um critério em detrimento de outro depende do fenômeno a ser investigado e das necessidades da pesquisa, e a tarefa de análise e interpretação exige um conhecimento adequado dos critérios e metodologias utilizadas. As escolhas metodológicas mais comuns estão associadas à data, ao país de referência, ao tratamento de agregados internacionalmente comparáveis, como, por exemplo, os depósitos via Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes (PCT, em inglês)⁴³ e famílias de patentes (OECD, 2009b, p. 60).

Sobre as escolhas metodológicas deste trabalho, cabem três justificas principais. Primeiramente, sobre a data de referência. Ainda que os documentos de patente apresentem várias datas refletidas no momento da invenção, o trabalho utiliza a data de depósito do pedido de patente. Essa escolha se deve ao fato de o ano de depósito ser o mais próximo daquele de realização da atividade tecnológica efetiva. Esse é o critério utilizado por uma extensa literatura empírica (DERNIS; GUELLEC; VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE, 2001).

⁴³ O PCT é administrado pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI) com o objetivo simplificar e tornar mais eficaz a busca pela proteção patentária internacional.

A segunda justificativa diz respeito ao país de referência. Os manuais de estatísticas de patentes recomendam o uso do país de residência do inventor como referência para refletir a origem da atividade inventiva. Entretanto, como o objetivo do trabalho é investigar a atividade inventiva no nível da firma, considera-se o país de localização da sua sede como referência.

Em terceiro, no tratamento de agregados internacionais comparáveis, a principal e mais comum alternativa é o uso de informações das famílias de patentes, ou seja, a análise do conjunto de depósitos, arquivados em vários países, e que estão relacionados entre si por um ou vários documentos comuns de prioridade. Entretanto, o uso desses dados precisa considerar que existem diversas definições de família de patentes, de acordo com o método utilizado para estabelecer a relação entre um documento de patente e o seu documento de prioridade. O WIPO define seis tipos de família – simples, complexa, estendida, nacional, doméstica e artificial – e o Manual de Estatísticas de Patentes da OCDE (2009b, p. 78) descreve três diferentes métodos para estabelecer uma família de patentes (KANG; TARASCONI, 2016).

Com o propósito de lidar com esse problema e atender aos objetivos deste trabalho, foi adotado um método que consiste em identificar as *patentes prioritárias transnacionais* (PPT). Esse método é proposto por estudos recentes (ALKEMADE *et al.*, 2015; DE RASSENFOSSE *et al.*, 2013; PICCI; SAVORELLI, 2012) e usufrui da possibilidade do Banco Mundial de Estatísticas de Patentes (PATSTAT) fornecer dados originais das prioridades de todos os depósitos de patentes. Desta forma, a identificação das patentes prioritárias transnacionais não exige a definição prévia de um método e permite uma análise mais sistemática das relações entre os documentos de patentes.

Esse tratamento de agregados internacionais tem sido importante para superar as críticas ao viés de *vantagem doméstica*, que surgem em abordagens empíricas construídas com base em informações de um único escritório de patentes. Esse viés é uma consequência de culturas nacionais específicas de patenteamento e pode ser evitado em grande medida ao tratar a patente numa perspectiva internacional (ENGELSMAN; VAN RAAN, 1994, p. 5).

O uso de patentes prioritárias transnacionais assume que os depósitos que são registrados em mais de um país representam invenções mais importantes e têm um significado mais global.

Como sugere a literatura sobre o assunto (ALKEMADE *et al.*, 2015; DE RASSENFOSSE *et al.*, 2013; PICCI; SAVORELLI, 2012), essas patentes apresentam diversas vantagens em relação aos indicadores de patentes que são baseados exclusivamente em dados de um pequeno número de grandes escritórios como o EPO, USPTO e JPO, ou uma combinação deles, como é o caso das patentes triádicas. Uma comparação dessas vantagens entre os principais indicadores é apresentada no Quadro 6.

Quadro 6 – Comparação entre os indicadores de patentes

Indicador	Viés doméstico		Prazo (meses)
	Geográfico	Institucional	
<i>United States Patent and Trademark Office</i> (USPTO)	Forte	Nulo	40
<i>European Patent Office</i> (EPO)	Médio	Nulo	18
<i>Patent Cooperation Treaty</i> (PCT)	Baixo	Nulo	18
Triádicas (USPTO, EPO e JPO)	Baixo	Nulo	40
Patentes prioritárias transnacionais (PPT)	Nulo	Médio	18

Fonte: De Rassenfosse *et al.* (2013). Elaboração própria. Nota: O prazo indica o tempo, em meses, que os dados de patentes se tornam disponíveis publicamente. Quando indicador de PPT envolver patentes do USPTO, corresponderá a 40 meses.

Como resultado, podem-se identificar diversas vantagens dos indicadores baseados em patentes prioritárias transnacionais em relação aos tradicionais indicadores baseados em patentes depositadas no USPTO e EPO, quais sejam: i) a superação do problema do viés geográfico, presente em indicadores baseados em dados de um único escritório; ii) a vantagem de cobrir mais invenções se comparada com a análise de patentes estendidas internacionalmente por meio do Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes (PCT) ou nas *famílias triádicas* que são muito seletivas; iii) as datas de depósito das patentes prioritárias estão mais próximas do evento de criação da invenção do que as datas de patentes posteriores protegidas em outros escritórios de patentes. Isso proporciona uma visão mais precisa da dinâmica dos padrões inventivos no nível da firma; e iv) a capacidade de melhor revelar a natureza local da atividade inventiva, especialmente em países em desenvolvimento.

Entretanto, o uso de patentes prioritárias possui como desvantagem principal o viés institucional, ao tratar da mesma forma patentes originárias de diferentes escritórios. Esse viés é influenciado por questões como o custo de depósito, nível inventivo requerido ou até mesmo a possibilidade de patentear alguns tipos de invenções. A principal consequência do viés institucional é que o número de patentes protegidas por mais patentes varia entre os escritórios, como é o caso do elevado quantitativo observado no Japão (ALKEMADE *et al.*, 2015; COHEN *et al.*, 2002).

3.1.2 *Classificações de patentes*

Além das escolhas metodológicas e da classificação com base em critérios específicos, os dados de patentes exigem o relacionamento de diferentes unidades de análise. Dentre as principais classificações utilizadas para as patentes, esta tese utiliza a classificação por depositantes e a classificação por campos técnicos (IPC). A classificação por depositantes é útil na reconstrução do portfólio de patentes das firmas e possibilita análises industriais, por campo técnico, região e setor institucional, bem como é proveitosa na análise da própria estratégia das firmas. Já a classificação por campos tecnológicos apresenta benefícios como o amplo escopo tecnológico e a ampla cobertura temporal.

No trabalho de Verspagen (1997), a diferença entre os campos técnicos é utilizada para inferir sobre a apropriabilidade do conhecimento, de forma que os campos primários referem-se ao conhecimento reivindicado e apropriável, e os suplementares a algum conhecimento adicional não-apropriável. Nesta tese, em linha com estudos como Breschi, Lissoni e Malerba (2003), não são feitas suposições sobre o significado dos campos principais e suplementares, e todos são considerados igualmente nas análises estatísticas.

Existem duas principais classificações empregadas para identificação de patentes relativas a tecnologias ambientais. A primeira é a *Patents in Clean-Energy Technologies* desenvolvida em parceria entre o *United Nations Environment Programme* (UNEP), o *European Patent Office* (EPO) e o *International Centre for Trade and Sustainable Development* (ICTSD). O resultado desse trabalho foi a reformulação do sistema europeu de classificação (ECLA) para a inclusão de uma nova seção e classe de patentes denominada “IPC Y02” (VEEFKIND *et al.*, 2012).

A segunda classificação é chamada *IPC Green Inventory* e foi desenvolvida pela *World Intellectual Property Organization* (WIPO) por meio de um comitê de especialistas, a fim de facilitar as buscas por informações de patente relacionadas às *Tecnologias Ambientalmente Saudáveis* (TAS), a partir das determinações da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC). Essa classificação é formada por uma estrutura hierárquica, distribuída em sete grandes setores, 39 subsetores no primeiro nível, 96 subsetores no segundo e 67 subsetores no terceiro, conforme esquema ilustrativo da Figura 2. A adequação dessa estrutura em 120 subsetores pode ser consultada no Anexo 1.

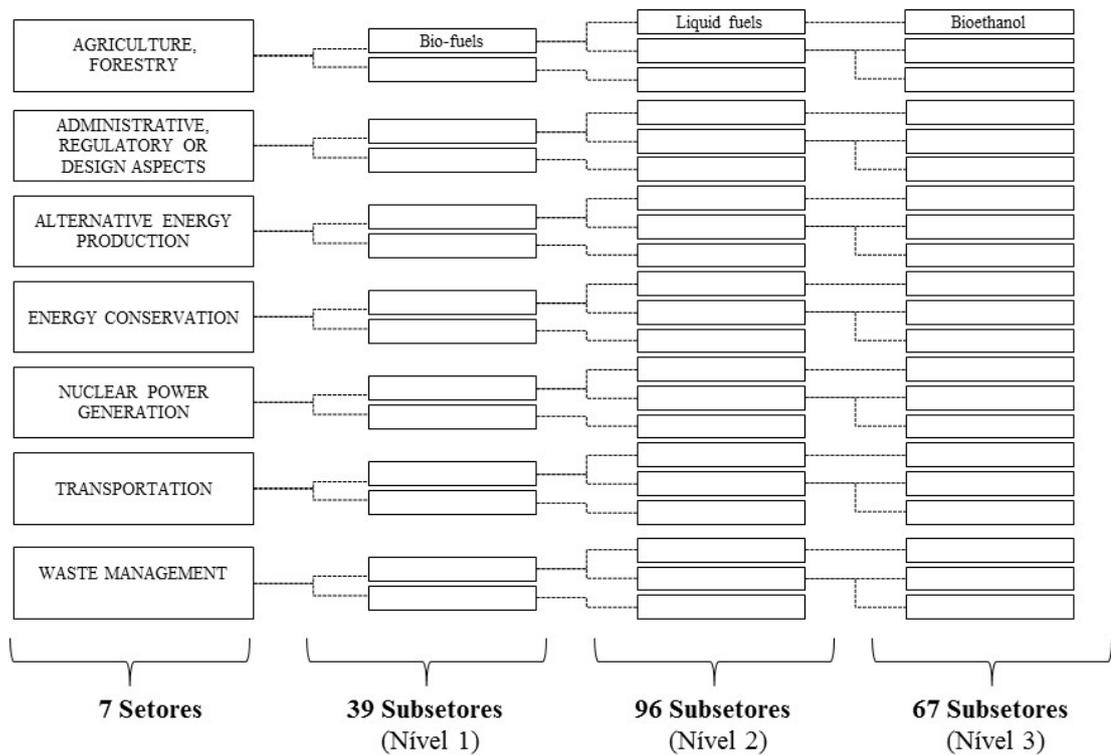


Figura 2 – Esquema da distribuição dos setores e subsetores do *IPC Green Inventory*.
Fonte: Elaboração própria.

O termo *tecnologias ambientalmente saudáveis* (TAS)⁴⁴ tem sido empregado por uma série de instituições internacionais como UNEP, UNFCCC, UNIDO, WIPO, ICTSD e foi inspirado nos documentos da UNFCCC para se referir às tecnologias que tem as seguintes características: a proteção ao meio ambiente; ser menos poluente; utilizar os recursos de forma mais sustentável; reciclar seus produtos e resíduos, ou ainda tratar os dejetos residuais de uma forma mais aceitável do que as tecnologias alternativas. Por vezes, as TAS também se referem a tecnologias para a mitigação e adaptação das alterações climáticas.

Entretanto, nem todas as tecnologias são classificadas em categorias facilmente observáveis. Ainda que uma determinada tecnologia possa ter um potencial significativo para reduzir as emissões de CO₂, se comparada com alternativas relevantes, pode não ser reconhecida como uma tecnologia aceitável para mitigar mudanças climáticas. Um exemplo é o carvão limpo (*clean coal*), que tem potencial para reduzir emissões de CO₂ se comparado ao o carvão tradicional, mas ainda contribui nas emissões de GEE (LATIF, 2012, p. 93).

⁴⁴ O termo foi originalmente utilizado no Capítulo 34 da Agenda 21 de 1992.

Nesta tese, a classificação de patentes adotada é o *Green Inventory* e essa escolha possui duas razões principais. Em primeiro lugar, por ser baseada numa classificação tecnológica internacional (IPC), ela permite a comparação de escritórios em todo o mundo. Se comparada à sua principal alternativa, o *Patents in Clean-Energy Technologies*, o *Green Inventory* proporciona uma abrangência geográfica mais ampla, pois não se restringe à classificação europeia (ECLA). Além disso, seu escopo de tecnologias é mais adequado para a presente proposta de pesquisa, que vai além das tecnologias ligadas à energia limpa.

Em segundo, a escolha por essa classificação se justifica por ser a principal forma pela qual os escritórios de patentes em todo o mundo, incluindo o brasileiro, caracterizam as denominadas *patentes verdes*. Nesses escritórios, os depósitos deste grupo têm sido examinados em ritmo mais rápido do que os pedidos de patente regulares, a partir do uso de procedimentos de *fast-tracking* (DECHEZLEPRÊTRE, 2013). É importante observar que ainda não existem compatibilizações entre as classificações principais, que possuem diferentes níveis de desagregação e priorizam diferentes escopos de tecnologias (PORTO; KANNEBLEY JÚNIOR, 2012).

3.2 Construção da base de dados

A construção de bases de dados de patentes é um importante esforço que tem sido realizado por instituições e pesquisadores ao longo das últimas décadas. O acesso a essas bases tem permitido investigações empíricas em diversas áreas do conhecimento, com grande potencial de expansão futura, dadas as possibilidades cada vez maiores de análise e integração com outras bases de dados no nível da firma, setoriais e territoriais.

Alguns dos principais bancos de dados utilizados para fins estatísticos e de pesquisa são o *NBER Patent Citations Data Files*, que disponibiliza dados do escritório norte-americano (HALL; JAFFE; TRAJTENBERG, 2001), e o Banco Mundial de Estatísticas de Patentes (PATSTAT), desenvolvido pelo *European Patent Office* (EPO), que abrange mais de 80 escritórios em todo mundo e contém mais de 73 milhões de documentos de patentes. Neste trabalho, considerando a sua proposta de análise em escala global, os dados de patentes utilizadas foram extraídos PATSTAT na sua edição de abril de 2012.

A segunda fonte de informações deste trabalho é o ORBIS da *Bureau Van Dijck* (BvDEP), banco de dados comercial que contém informações administrativas de 120 milhões de

empresas ou registros de negócios ao redor do mundo (em outubro de 2015). O banco de dados reúne informações das empresas mais relevantes em cada país, obtidas por meio de mais de 40 diferentes fornecedores de informações, que são sistematizadas e classificadas em vários formatos para facilitar a pesquisa e a análise comparada (RIBEIRO; MENGHINELLO; DE BACKER, 2010).

Para a construção da base de dados utilizada neste trabalho foi realizado um processo de extração e tratamento das informações em três etapas principais: i) identificação e extração das *patentes verdes*, ii) seleção das patentes verdes que possuem alguma prioridade, e iii) aplicação de filtros para formação dos portfólios das firmas analisadas. O diagrama de fluxo apresentado na Figura 3 resume o processo de extração e o tratamento das informações.

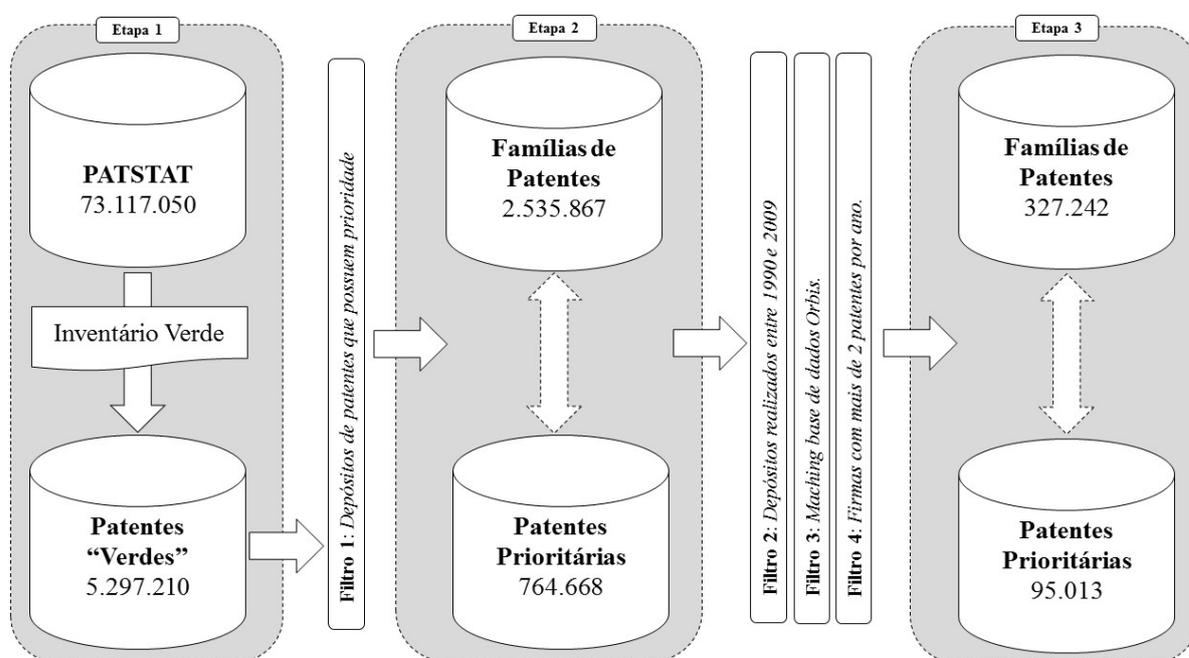


Figura 3 – Diagrama de fluxo do processo de extração e tratamento dos dados.
Fonte: Elaboração própria.

Na primeira etapa, partindo de um universo de aproximadamente 73 milhões de patentes em todo mundo, foram selecionados todos os depósitos que possuem um ou mais campos técnicos (IPCs) classificados no *Green Inventory* como Tecnologias Ambientalmente Saudáveis (TAS). Essa etapa resultou num conjunto de dados com 5.297.210 depósitos denominados *patentes verdes*. No presente trabalho, uma patente é considerada “verde” quando possui algum IPC identificado pelo *Green Inventory* como TAS. Entretanto, é importante ressaltar que a determinação de uma patente verde num escritório de propriedade

intelectual é muito mais criterioso, pois envolve o exame técnico de um especialista em cada caso (LANE, 2012).

A segunda etapa teve como propósito identificar as patentes prioritárias e suas respectivas famílias. A partir da etapa anterior, a aplicação do *Filtro 1* resultou na seleção dos depósitos que possuem alguma prioridade, o que determinou um quantitativo de 2.535.867. Esses depósitos estão relacionados a 764.688 patentes prioritárias, ou patentes prioritárias transnacionais (PPT), como sugerem os estudos (ALKEMADE *et al.*, 2015; DE RASSENFOSSE *et al.*, 2013; PICCI; SAVORELLI, 2012).

Como as patentes prioritárias assumem que o depósito de suas famílias seja realizado em mais de um país, tendem a representar invenções mais importantes comercialmente e que têm um significado mais internacional. Conseqüentemente, o seu uso tende a resolver problemas como a contagem de patentes individuais e sem valor de mercado (HALL; JAFFE; TRAJTENBERG, 2005; HARHOFF; SCHERER; VOPEL, 2003). Essa correspondência entre as patentes prioritárias e suas famílias é um aspecto fundamental da proposta de análise empírica deste trabalho, como discutido no próximo capítulo.

Partindo da segunda etapa, foram aplicados três filtros, o primeiro produziu um recorte temporal de vinte anos entre 1990 e 2009 tendo como base a atualidade máxima permitida pela edição de abril de 2012 do EPO/PATSTAT⁴⁵. No segundo, associaram-se as informações dos primeiros depositantes de todas as patentes com informações da base do Orbis e identificaram-se em cada caso seus últimos proprietários globais (GUO, em inglês). Essa tarefa teve como objetivo avaliar firmas sobre a mesma propriedade ou subsidiárias diretas. Já o terceiro filtro selecionou apenas as firmas que nesse período depositaram, em média, mais do que duas patentes por ano. Esse critério é fundamental para que a amostra revele apenas os depositantes que possuem uma sistemática e coerente atividade inovativa nessas tecnologias.

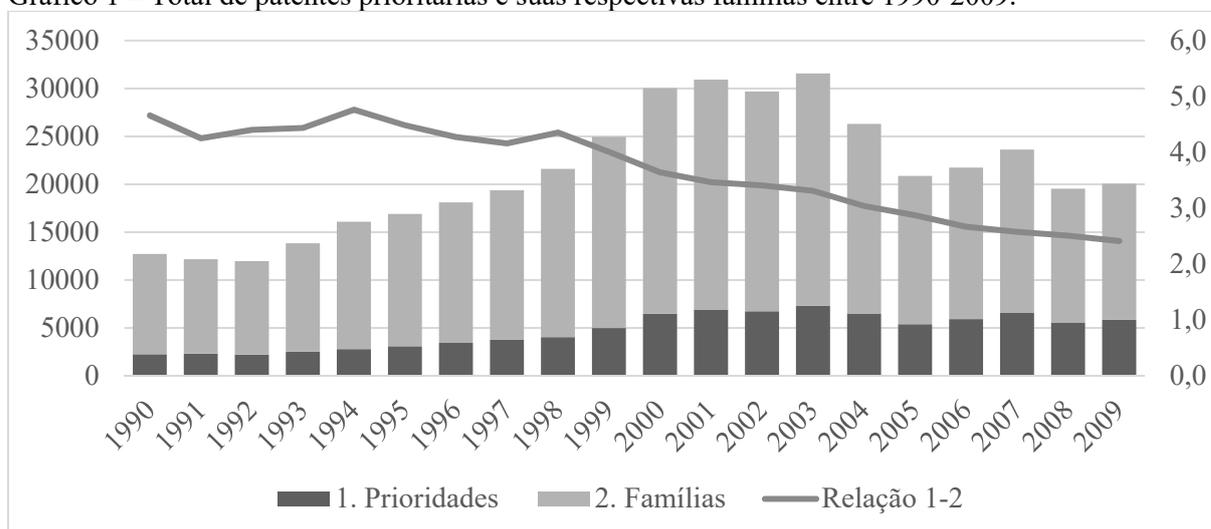
Por fim, a terceira etapa resultou na construção de uma base de dados com uma família de 327.242 depósitos distribuídos em 86 escritórios em todo mundo. Esse conjunto corresponde a 95.013 patentes prioritárias depositadas por 436 firmas em 36 escritórios em todo mundo.

⁴⁵ Os documentos de referência para produção de estatística de patentes sugerem um mínimo de três anos entre sistematização de dados dos escritórios e a produção de indicadores representativos.

3.3 Descrição da base de dados

A base de dados construída para investigação empírica deste trabalho é formada por 327.242 documentos de patentes distribuídos em 86 escritórios em todo mundo entre 1990 e 2009. Esses documentos são referentes a 95.013 patentes prioritárias depositadas em 36 escritórios em todo mundo. Esse conjunto de patentes prioritárias e suas famílias constituem a principal fonte de investigação empírica deste trabalho, dada sua capacidade de informar sobre as estratégias das firmas na atividade de busca tecnológica em áreas técnicas de mitigação das mudanças climáticas. O Gráfico 1 mostra a evolução dessas patentes a partir da data de depósito.

Gráfico 1 – Total de patentes prioritárias e suas respectivas famílias entre 1990-2009.



Fonte: EPO (2012). Elaboração própria.

Entre 1990 e 2009, o número de patentes prioritárias e suas famílias cresceu a uma taxa geométrica 0,53% e 0,54%, respectivamente. Sobre a queda observada na relação entre prioridades e famílias, é preciso considerar a existência de um efeito de atraso, causado pela diferença temporal entre os depósitos de prioridades e suas famílias. Logo, quanto mais próximo de 2012, ano em que os dados foram sistematizados, mais subestimado será o tamanho das famílias, dada a maior probabilidade de uma patente mais recente gerar novas famílias no futuro. Sobre as implicações para esta análise, é possível afirmar que esse efeito é suficientemente mitigado diante do escopo temporal proposto.

Sobre a participação das firmas no total de famílias, é possível perceber uma ampla hegemonia das firmas localizadas na Alemanha, Estados Unidos e Japão, que, entre os

períodos analisados, mantiveram uma contribuição entre 78,4% e 82,2% do total. As firmas localizadas nesses três países são os principais agentes no processo de busca por tecnologias de mitigação em todo período analisado. Também é possível constatar que as firmas localizadas em países como Coreia do Sul, Taiwan e China têm aumentado rapidamente sua participação no total de famílias. Esses resultados são dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Localização das firmas e participação no total de famílias entre 1990-2009 (em %).

País/Anos	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	1990-2009
Alemanha	25,7	26,5	20,4	20,5	22,8
Áustria	0,4	0,4	0,2	0,1	0,2
Bélgica	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2
Brasil	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Canadá	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4
China	0,0	0,1	0,1	0,8	0,2
Cingapura	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
Coreia do Sul	0,7	1,9	5,3	10,0	4,8
Dinamarca	0,9	0,3	0,4	0,6	0,5
Espanha	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1
Estados Unidos	33,2	27,3	20,8	16,2	23,4
Finlândia	1,0	0,5	0,8	0,4	0,6
França	6,4	4,9	3,0	3,6	4,2
Holanda	1,8	0,7	1,0	0,7	1,0
Israel	0,3	0,3	0,0	0,0	0,1
Itália	0,3	0,2	0,7	0,2	0,4
Japão	19,5	28,1	41,0	42,5	34,6
Liechtenstein	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1
Noruega	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2
Reino Unido	7,3	4,7	2,5	0,5	3,4
Suécia	0,9	1,3	0,5	0,5	0,8
Suíça	0,5	1,7	1,7	1,5	1,4
Taiwan	0,0	0,0	0,6	0,8	0,4
Total	100	100	100	100	100

Fonte: EPO (2012). Elaboração própria.

Na tentativa de estabelecer tendências internacionais de ampliação dessas famílias, a análise a partir dos países e seus escritórios mais procurados como destino revela importantes padrões. O escritório norte-americano (USPTO) é procurado principalmente por firmas localizadas na China, Taiwan, Coreia do Sul e Japão. No caso do escritório europeu (EPO) a procura é realizada por firmas da Espanha, Alemanha e Holanda. Já no caso do escritório japonês (JPO), as firmas mais presentes têm a sua localização em Cingapura, Coreia do Sul, Taiwan e Estados Unidos.

Esses três escritórios (USPTO, EPO, JPO) são os principais destinos de famílias de patentes verdes e, portanto, percebidos como os ambientes mais propícios para condução de processos de busca tecnológica. Entretanto, também é importante destacar as firmas que, diferente da maioria, concentram suas famílias fora desses três escritórios principais, como é o caso das

firmas da Noruega, Áustria, Israel e Grã-Bretanha. A distribuição das famílias por país de origem das firmas e escritórios principais é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 –Localização das firmas e distribuição das famílias por escritórios principais (em %).

País	Escritório de patente				Total	Total Escritórios
	USPTO	EPO	JPO	Demais		
Alemanha	14,2	23,5	10,0	52,2	100	82
Áustria	7,9	11,1	5,6	75,4	100	37
Bélgica	8,5	17,3	7,1	67,1	100	46
Brasil	24,2	14,9	7,4	53,5	100	29
Canadá	13,5	10,9	6,9	68,7	100	20
China	52,1	11,5	5,9	30,5	100	22
Cingapura	4,7	6,3	27,9	61,1	100	11
Coréia do Sul	35,8	8,5	20,5	35,2	100	38
Dinamarca	12,6	17,1	5,7	64,5	100	35
Espanha	16,9	24,9	0,0	58,2	100	10
Estados Unidos	10,7	14,3	14,3	60,8	100	76
Finlândia	12,3	16,1	8,5	63,1	100	46
França	11,4	17,5	8,5	62,6	100	65
Holanda	10,0	18,6	13,9	57,5	100	53
Israel	13,1	9,4	5,9	71,7	100	37
Itália	20,4	10,3	11,3	58,0	100	37
Japão	33,5	12,9	8,2	45,5	100	63
Liechtenstein	16,5	18,4	13,6	51,5	100	23
Noruega	8,6	10,2	5,5	75,6	100	40
Reino Unido	9,7	11,0	8,3	71,0	100	78
Suécia	12,0	14,5	8,5	65,0	100	37
Suíça	13,0	17,3	6,9	62,8	100	71
Taiwan	51,5	4,2	17,6	26,7	100	13

Fonte: EPO (2012). Elaboração própria. Nota: USPTO – *United States Patent and Trademark Office*; EPO – *European Patent Office*; JPO – *Japan Patent Office*.

Ainda sobre a Tabela 2, por meio do número de países nos quais as firmas distribuem suas famílias, é possível supor a abrangência internacional das buscas conduzidas pelas firmas. Portanto, as firmas localizadas na Alemanha, Grã-Bretanha, Estados Unidos e Suíça possuem estratégias mais globais de distribuição de suas famílias de patentes, já as firmas de países como Espanha, Cingapura, Taiwan, China e Brasil concentram suas famílias em um número menor de países; no caso dos três últimos, principalmente no escritório norte-americano (USPTO).

Para além dos escritórios principais, também é possível inverter essa perspectiva e investigar os países que se tornaram os mais atrativos para realização de busca nessas tecnologias. Por meio do cálculo da taxa de crescimento acumulado do número de famílias de patentes, identificam-se seis países principais: China, Austrália, Coreia do Sul, Canadá, Taiwan e Brasil. Essa distribuição das famílias por país das firmas e escritórios é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 –Localização das firmas e distribuição das famílias por escritórios selecionados (em %).

País	<i>País do escritório de patente</i>						Demais	Total
	China	Austrália	Coreia do Sul	Canadá	Taiwan	Brasil		
Alemanha	6,0	4,6	2,1	3,4	1,2	2,3	80,4	100
Áustria	4,4	6,6	2,7	4,4	1,3	4,3	76,3	100
Bélgica	4,4	6,2	1,9	4,7	0,7	4,5	77,6	100
Brasil	6,7	3,3	0,4	5,9	0,0	4,8	78,8	100
Canadá	4,5	7,6	1,1	28,4	0,7	0,3	57,4	100
China	16,5	0,5	3,0	1,5	0,6	0,4	77,5	100
Cingapura	18,9	0,0	5,8	0,0	13,7	0,0	61,6	100
Coreia do Sul	16,7	1,2	5,3	0,4	2,6	0,1	73,8	100
Dinamarca	10,5	9,5	0,4	5,7	0,0	2,7	71,2	100
Espanha	24,9	0,9	0,0	1,9	0,0	0,0	72,3	100
Estados Unidos	7,7	7,7	3,2	6,8	2,0	2,3	70,3	100
Finlândia	7,8	6,4	3,0	3,7	0,2	2,3	76,5	100
França	4,6	4,4	1,7	4,7	0,3	1,7	82,5	100
Holanda	8,1	5,9	2,5	2,6	2,1	1,0	77,8	100
Israel	2,8	13,3	0,7	4,8	0,0	3,1	75,4	100
Itália	6,0	2,4	0,9	2,3	1,9	0,6	85,8	100
Japão	13,0	1,8	6,0	2,1	4,0	0,4	72,7	100
Liechtenstein	3,4	3,4	1,9	4,4	0,5	0,0	86,4	100
Noruega	2,9	9,2	0,5	6,4	0,2	2,9	77,9	100
Reino Unido	3,6	9,0	1,3	5,3	0,4	2,7	77,7	100
Suécia	5,4	6,8	0,5	1,5	0,5	3,1	82,2	100
Suíça	7,1	6,7	1,8	6,5	1,1	2,9	73,9	100
Taiwan	6,1	0,0	2,5	1,4	9,0	0,0	81,0	100

Fonte: EPO (2012). Elaboração própria.

A partir da Tabela 3, é possível perceber um importante padrão de conexão das firmas no leste asiático, ainda que nenhum exame específico tenha sido realizado. Essa estrutura é revelada pela significativa importância da China, Coreia do Sul e Taiwan como ambiente de busca tecnológica para firmas localizadas no próprio leste asiático. Nas outras localidades esses padrões são menos evidentes. Entretanto, é possível observar que a Austrália e o Canadá são ambientes mais importantes para firmas europeias e da América do Norte e menos para asiáticas. O caso do Brasil é relativamente similar, pois é percebido como ambiente relevante para firmas da Europa e América do Norte e menos para asiáticas.

Outra observação significativa sobre essa base de dados se refere ao perfil das firmas. Pode-se afirmar que elas formam um conjunto heterogêneo em diversos aspectos. No que tange à localização, estão presentes em 23 países, ainda que fortemente concentradas em três deles, o Japão com 30% do total, Estados Unidos com 26% e Alemanha com 16%. É possível observar ainda a presença de firmas de demais países europeus como França, Grã-Bretanha, Suíça, Suécia, Holanda, Itália, Finlândia, Dinamarca, Áustria, entre outros. Dentre os demais países, destacam-se as firmas da Coreia do Sul, Taiwan, China, Cingapura e Brasil.

Sobre o tamanho das firmas, é possível adotar os métodos estabelecidos pela base de dados da Orbis e classificá-las em quatro classes principais a partir da receita operacional, do total de ativos e do total de empregados, conforme critérios descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Critérios para definição das categorias de tamanho das firmas.

Tamanho das Firmas	Receita operacional (US\$)	Total de ativos (US\$)	Total de empregados
Pequena	≤ 1,3 milhão	≤ 2,6 milhões	≤ 15
Média	≥ 1,3 milhão	≥ 2,6 milhões	≥ 15
Grande	≥ 13 milhões	≥ 26 milhões	≥ 150
Muito grande	≥ 130 milhões	≥ 260 milhões	≥ 1.000

Fonte: Orbis (2013). Elaboração própria. Nota: Originalmente, *small*, *medium size*, *large* e *very large*.

Do conjunto de firmas analisadas, a grande maioria (76,6%) é classificada como *muito grande*. As demais firmas são *grandes* (4,8%), *médias* (3,0%) e *pequenas* (15,6%). É importante destacar que o Japão abriga 36,5% do total das empresas *muito grandes*, enquanto as firmas *grandes* têm origem em sua maioria (28,6%) na Alemanha. As firmas *médias* estão, em sua maioria (61,5%), igualmente distribuídas entre Japão e Suécia. Os EUA são a sede de 61,8% das firmas *pequenas*. A Tabela 5 apresenta a distribuição do total de firmas por tamanho e país de origem.

Tabela 5 – Localização das firmas e distribuição por tamanho (em %).

País	Tamanho da Firma			
	Pequena	Média	Grande	Muito grande
Alemanha	14,7	15,4	28,6	15,0
Áustria	0,0	0,0	4,8	0,6
Bélgica	0,0	0,0	0,0	0,3
Brasil	0,0	0,0	0,0	0,3
Canadá	1,5	0,0	0,0	0,6
China	0,0	0,0	4,8	1,2
Cingapura	1,5	0,0	0,0	0,3
Coréia do Sul	2,9	0,0	9,5	5,4
Dinamarca	1,5	0,0	0,0	0,9
Espanha	0,0	0,0	0,0	0,3
Estados Unidos	61,8	0,0	14,3	20,1
Finlândia	1,5	0,0	0,0	0,9
França	4,4	7,7	4,8	4,8
Holanda	0,0	7,7	0,0	1,2
Israel	0,0	7,7	0,0	0,0
Itália	0,0	0,0	0,0	1,5
Japão	5,9	30,8	9,5	36,5
Liechtenstein	0,0	0,0	0,0	0,3
Noruega	0,0	0,0	0,0	0,3
Reino Unido	0,0	0,0	14,3	4,5
Suécia	4,4	0,0	0,0	0,9
Suíça	0,0	30,8	4,8	1,2
Taiwan	0,0	0,0	4,8	3,0
Total	100	100	100	100

Fonte: EPO (2012). Elaboração própria.

A heterogeneidade das firmas também pode ser percebida por suas atividades econômicas principais. A partir da classificação estatística de atividades econômicas da Comunidade Europeia (NACE Rev. 2.0), percebe-se que as firmas atuam em 12 grandes *seções* e 116 atividades econômicas (com 4 dígitos). A grande maioria das firmas (70,6%) tem suas atividades econômicas principais relacionadas à seção *indústrias de transformação* e possui participações menores as seções *consultorias científicas, técnicas e similares* (8,7%) e *informação e comunicação* (4,1%).

Sobre a distribuição dessas atividades por países de origem das firmas, o Japão (39,3%) e os Estados Unidos (24,4%) concentram a maior parte das firmas da *indústria de transformação*; Alemanha (34,2%) e Estados Unidos (21,1%) abrigam a maioria das firmas em *consultorias científicas, técnicas e similares*; e os Estados Unidos (44,4%) e a França (16,7%) reúnem a maior parte das firmas com atividade em *informação e comunicação*. A Tabela 6 apresenta uma síntese das atividades econômicas das firmas por país de origem.

Tabela 6 – Localização das firmas e distribuição por atividades econômicas (em %).

País	Atividades econômicas				
	C - Indústrias	M - Consultoria	J - Informação e Comunicação	G - Comércio	Demais
Alemanha	12,7	34,2	11,1	18,8	19,6
Áustria	0,0	2,6	0,0	6,3	1,8
Bélgica	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Brasil	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8
Canadá	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
China	1,0	0,0	0,0	12,5	0,0
Cingapura	0,3	0,0	0,0	0,0	1,8
Coréia do Sul	6,2	0,0	5,6	0,0	3,6
Dinamarca	0,6	0,0	0,0	0,0	3,6
Espanha	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Estados Unidos	24,4	21,1	44,4	31,3	28,6
Finlândia	1,0	0,0	0,0	0,0	1,8
França	3,6	7,9	16,7	0,0	7,1
Holanda	0,6	5,3	0,0	6,3	0,0
Israel	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0
Itália	1,0	2,6	0,0	0,0	1,8
Japão	39,3	2,6	11,1	18,8	8,9
Liechtenstein	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Noruega	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Reino Unido	1,9	15,8	11,1	6,3	5,4
Suécia	1,0	0,0	0,0	0,0	5,4
Suíça	1,0	5,3	0,0	0,0	7,1
Taiwan	3,2	0,0	0,0	0,0	1,8
Total	100	100	100	100	100

Fonte: EPO (2012) e Orbis (2013). Elaboração própria. Nota: Seção C - Indústrias de transformação; Seção M - Consultorias científicas, técnicas e similares; Seção J - Informação e comunicação; Seção G - Comércio por atacado e varejo; Reparação de veículos a motor e motocicletas.

Ao analisar com maior detalhamento essas seções, percebe-se que as 308 firmas da seção *indústria de transformação* atuam em 72 diferentes atividades econômicas, sendo as atividades de *fabricação de componentes eletrônicos, fabricação de automóveis, fabricação de outras peças e acessórios para automóveis* as mais representativas. Na seção *consultorias científicas, técnicas e similares*, existem 38 firmas que atuam em oito atividades econômicas principais, como *sedes de empresas e unidades administrativas locais, pesquisas e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais e atividades profissionais, científicas e técnicas*. A seção *informação e comunicação* é constituída por 18 firmas com destaque principal para *outras atividades de telecomunicações*. Por fim, a seção *comércio por atacado e varejo; reparação de veículos a motor e motocicletas*, é formada por 16 firmas que são distribuídas em 12 diferentes atividades. A distribuição das firmas pelas atividades econômicas principais é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 – Distribuição das firmas por atividades econômicas principais.

Nace	Descrição das atividades	Nº firmas
2611	Fabricação de componentes eletrônicos	58
2910	Fabricação de automóveis	27
2932	Fabricação de outras peças e acessórios para automóveis	15
2651	Fabricação de aparelhos e equipamentos de medida, teste e controle	13
2059	Fabricação de outros produtos químicos n.a.e	11
2790	Fabricação de outros equipamentos elétricos	10
2120	Fabricação de produtos farmacêuticos	10
1920	Fabricação de produtos derivados do petróleo	9
2630	Fabricação de equipamento de comunicação	9
2016	Fabricação de matérias plásticas sob formas primárias	8
7010	Sedes de empresas e unidades administrativas locais	8
2620	Fabricação de computadores e equipamento periférico	8
6190	Outras atividades de telecomunicações	7
7219	Pesquisas e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais n.a.e	7
7490	Atividades profissionais, científicas e técnicas n.a.e.	7
7211	Pesquisa e desenvolvimento experimental em biotecnologia	6
2823	Fabricação de máquinas e equipamentos de escritório	6
3030	Fabricação de aeronaves, veículos espaciais e máquinas relacionadas	6
2899	Fabricação de outras máquinas para usos especiais n.a.e.	6
2751	Fabricação de aparelhos eletrodomésticos	6
	Demais atividades	199
Total		436

Fonte: Orbis (2013). Elaboração própria.

Outro aspecto relevante é como as firmas, divididas por atividades econômicas, distribuem seu portfólio entre os grandes setores tecnológicos estudados. A partir da Tabela 8, percebe-se que essa distribuição varia significativamente entre as atividades econômicas. Desta forma, os perfis tecnológicos mais concentrados são os das firmas de *eletricidade e gás, informação e*

comunicação e transporte e armazenagem. Por outro lado, as firmas de atividades como *comércio, indústrias de transformação e atividades profissionais, científicas e técnicas* são as que distribuem de forma mais equilibrada seu perfil tecnológico ao longo dos setores analisados.

Tabela 8 - Distribuição das firmas por atividades econômicas e setores tecnológicos (em %)

Atividade econômica	Setores tecnológicos							Total
	EA	TR	CE	GR	AG	AA	EN	
B. Indústrias extrativas	55,7	0,8	13,3	25,1	0,6	4,5	0,0	100
C. Indústrias de transformação	26,7	5,8	19,3	14,9	4,6	27,0	1,6	100
D. Eletricidade e gás	89,9	0,2	2,8	2,6	0,0	2,9	1,6	100
F. Construção	27,2	7,0	1,1	58,0	0,8	5,6	0,3	100
G. Comércio	20,9	22,1	20,7	7,9	20,4	8,1	0,0	100
H. Transporte e armazenagem	2,3	1,4	0,9	4,0	0,0	74,6	16,8	100
J. Informação e comunicação	7,3	1,0	5,2	1,7	0,0	84,7	0,0	100
K. Atividades financeiras e seguros	8,1	1,2	10,7	4,2	17,0	58,7	0,0	100
L. Atividades Imobiliárias	49,0	0,6	16,0	31,4	0,0	0,0	3,0	100
M. Atividades profissionais, científicas e técnicas	34,9	1,0	6,5	25,8	11,3	17,3	3,2	100
N. Atividades administrativas e complementares	32,8	8,9	39,2	2,1	0,0	16,9	0,0	100
S. Outras atividades de serviços	18,9	0,0	2,5	28,8	0,0	0,0	49,8	100
N/D	23,9	1,9	12,4	29,1	12,6	16,3	3,8	100

Fonte: EPO (2012) e Orbis (2013). Elaboração própria. Nota: EA - Energias alternativas; TR – Transportes; CE – Conservação de energia; GR – Gerenciamento de resíduos; AG – Agricultura; AA – Aspectos administrativos, regulatórios ou design; EN – Energia nuclear.

A análise desta tabela suscita a sua interpretação à luz das evidências encontradas por Patel e Pavitt (1997). De acordo com os autores, a exploração de tecnologias em áreas com elevada oportunidade tecnológica é realizada majoritariamente por firmas que já atuam nessas atividades econômicas. Como exemplo, “as empresas que patenteiam principalmente na tecnologia química exploram oportunidades de crescimento rápido especialmente no campo químico” (PATEL; PAVITT, 1997, p. 152).

Análogo a este resultado, também é possível analisar em que medida as oportunidades em tecnologias de mitigação são exploradas pelas atividades econômicas. Para tanto, é necessário estimar o quanto as patentes depositadas em cada setor tecnológico são concentradas entre as atividades econômicas. Desta forma, quanto mais concentrado, menor é o número de atividades econômicas que exploram determinado setor tecnológico, e, portanto, mais provável que os resultados de Patel e Pavitt (1997) sejam corroborados. A Tabela 9 apresenta as estimativas de concentração a partir do índice Herfindahl–Hirschman ao longo dos períodos.

Tabela 9 – Concentração de patentes (IHH) por setor tecnológico e atividade econômica, 1990-2009.

Setores tecnológicos	1990- 1994	1995- 1999	2000- 2004	2005- 2009	1990- 2009
Energias alternativas	962,16	999,81	1.392,18	1.540,43	1.220,73
Transportes	1.948,74	2.118,80	2.561,81	3.673,70	2.718,55
Conservação de energia	2.566,36	2.882,81	3.075,85	3.166,91	2.978,53
Gerenciamento de resíduos	1.050,36	1.249,05	1.867,27	2.193,57	1.220,73
Agricultura	2.773,81	2.687,21	2.324,73	6.761,59	2.796,14
Aspectos administrativos, regulatórios ou design	2.048,09	1.894,63	2.236,77	1.416,71	1.861,62
Energia nuclear	2.604,74	1.798,13	2.294,73	2.368,14	2.127,51

Fonte: EPO (2012) e Orbis (2013). Elaboração própria. Nota: Para que as estimativas fossem as mais próximas dos resultados de Patel e Pavitt (1997), o índice de concentração considerou as atividades econômicas em dois dígitos.

Por fim, a descrição da base de dados pode ser sumarizada em cinco aspectos centrais: i) as firmas localizadas na Alemanha, Estados Unidos e Japão concentram a maior parcela de famílias de patentes em todo mundo (79,2%), ii) os escritórios norte-americano (USPTO), europeu (EPO) e japonês (JPO) são os principais receptores de famílias de patentes, ou, ainda, os ambientes mais propícios para condução de buscas tecnológicas nessa área, iii) os países (escritórios) que no período se tornaram os mais atrativos para extensão das famílias foram China, Austrália, Coreia do Sul, Canadá, Taiwan e Brasil, iv) a busca tecnológica é exercida em sua maioria (70,6%) por firmas *muito grandes*, ou seja, que possuem receita operacional igual ou superior US\$ 130 milhões, total de ativos igual ou superior a US\$ 260 milhões e número de funcionários igual ou superior a 1.000, v) a maior parte das firmas (71,6%) está localizada no Japão e nos Estados Unidos e Alemanha e tem como atividade econômica principal setores da *indústria de transformação* (70,6%).

4 BUSCA TECNOLÓGICA COMO DETERMINANTE DA DIVERSIFICAÇÃO

A discussão do capítulo anterior mostra como foram criadas as condições para a investigação empírica da relação entre diversificação tecnológica e processos de busca, a partir das fontes de informação, construção e descrição da base de dados. Este capítulo discute as questões empíricas de como o processo de busca determina a diversificação tecnológica. Para tanto, apresenta como as variáveis são operacionalizadas, as especificações do modelo teórico adotado, os resultados alcançados e sua interpretação.

4.1 Mensuração da variável dependente do modelo

A mensuração da diversificação tecnológica é central para a proposta empírica deste trabalho. Para tanto, a diversificação é entendida como o grau de dispersão de atividades ou resultados que se define X , numa determinada unidade analítica Y . Nesses termos, X pode se referir a um conjunto de produtos, serviços ou mercados, enquanto a unidade Y pode ser uma firma, indústria, país, região, ou um indivíduo.

Tradicionalmente, a literatura examina a diversificação em termos de produtos ou mercados. Este trabalho se soma aos esforços que complementam essas formas de diversificação e incluem outros insumos usados na produção como tecnologias, conhecimentos, competências, relações de rede e outras formas de recursos intangíveis (CANTWELL; GAMBARDELLA; GRANSTRAND, 2004, p. 11; TORRISI; GRANSTRAND, 2004, p. 22).

Neste trabalho, Y são unidades organizacionais e X representa suas competências, que são interpretadas por classes tecnológicas. Em estudos baseados em estatísticas de patentes, a medida mais usual e precisa de diversificação tecnológica é a quantidade e proporção dos campos técnicos em que as firmas depositam patentes, e, por consequência, possuem competências tecnológicas.

Dibiaggio e Nesta (2005) afirmam que as classes tecnológicas podem ser consideradas as unidades de análise mais apropriadas para explorar as informações contidas nas bases de dados de patentes. Entretanto, essas medidas precisam ser vistas com cautela, pois é precipitado restringir as competências de uma corporação em termos de alguns campos de excelência. Ao invés disso, é mais útil pensar em termos de perfis de competências, com

diferentes níveis de vantagem competitiva em uma variedade de campos tecnológicos (PATEL; PAVITT, 1997).

Dado que o atributo da diversificação tecnológica da firma consiste na mensuração de quotas de um portfólio tecnológico, as medidas mais comuns nos trabalhos que estimam essa variável a partir de dados de patentes são baseadas no indicador de entropia e no indicador Herfindahl-Hirschman. Sobre o indicador de entropia, seu uso foi originalmente proposto por Jacquemin e Berry (1979) e aplicado em estudos sobre diversificação corporativa (PALEPU, 1985; PITTS; HOPKINS, 1982), em estudos sobre diversificação tecnológica no nível da firma (CHANG *et al.*, 2014; CHEN; CHANG, 2012; FRENKEN; HEKKERT; GODFROIJ, 2004; KODAMA, 1986; WANG *et al.*, 2016; WANG; NING; PREVEZER, 2015; ZANDER, 1997), e no exame da diversificação de tecnologias patenteadas por universidades (ACOSTA; CORONADO; MARTÍNEZ, 2015).

De modo geral, o indicador de entropia considera tanto o número de tecnologias em que uma empresa pode ser ativa, como a distribuição relativa da sua atividade em todas as tecnologias. Em termos formais, pode ser definido como:

$$E = \sum_{j=1}^n P_j \ln \left(\frac{1}{P_j} \right) \quad (7)$$

Onde, P_j é a proporção de patentes da firma no campo j , e $\ln (1/P_j)$, o peso dado a cada campo. O valor da medida de entropia varia entre zero e $\ln n$, no qual um valor igual a zero representa uma firma concentrada em apenas uma tecnologia e um valor que se aproxima de $\ln n$ representa uma firma com uma distribuição uniforme de patentes nas n tecnologias.

Como sugere o exemplo de Zander (1997, p. 212), se uma firma possuir patentes em cinco campos tecnológicos, com um dos campos contabilizando seis patentes e os demais uma patente cada, o valor resultante do índice será de 1,23. No caso de uma firma conter duas patentes em cada um dos cinco campos, o valor resultante do índice será 1,61. Caracteristicamente, o indicador de entropia é relativamente insensível a pequenas diferenças no número de patentes associadas a campos mais importantes e é mais sensível a mudanças no número e distribuição relativa de patentes em tecnologias menos importantes.

Já a medida de Herfindahl-Hirschman (IHH), convencionalmente utilizada para dimensionar as firmas em relação à sua indústria e ao grau de concorrência, se tornou um indicador muito empregado em estudos sobre diversificação corporativa (BERRY, 1971; MONTGOMERY, 1982), mas também na mensuração da diversificação tecnológica (CORRADINI; DE PROPRI, 2016; CORRADINI; DEMIREL; BATTISTI, 2016; GARCIA-VEGA, 2006; KRAMMER, 2016; LETEN; BELDERBOS; VAN LOOY, 2007; LIN; CHANG, 2015; QUINTANA-GARCÍA; BENAVIDES-VELASCO, 2008).

Em termos formais, o indicador captura a dispersão do portfólio de patentes das firmas em relação aos campos tecnológicos nos quais atua. Para tanto, ele é estimado pelo cálculo do complemento do índice Herfindahl-Hirschman, confrontando o número de patentes para cada classe tecnológica (IPC) com o número total de patentes de i empresas para cada ano t , que pode ser expresso da seguinte forma:

$$TECHDIV_{it} = 1 - \sum_{k=1}^K \left(\frac{N_{it,k}}{N_{it}} \right)^2 \quad (8)$$

Onde N_{it} é o número total de patentes para a empresa i no ano t , enquanto k representa a classe tecnológica (IPC) em que a empresa patenteou e K é o número total de classes tecnológicas em que a empresa é ativa. Como indicado por Hall (2005) e aplicado em estudos similares (CORRADINI; DE PROPRI, 2016; CORRADINI; DEMIREL; BATTISTI, 2016; CORROCHER; MALERBA; MONTOBBIO, 2007; RAHKO, 2016), esse indicador pode ser normalizado ($N_{it}/N_{it} - 1$) para corrigir o problema de viés em observações com poucas patentes por ano e formalmente redefinido como:

$$TECHDIV_{it} = \frac{N_{it}}{N_{it} - 1} \left(1 - \sum_{k=1}^K \left(\frac{N_{it,k}}{N_{it}} \right)^2 \right) \quad (9)$$

Utilizando o mesmo exemplo de Zander (1997, p. 212), aplicado ao indicador de Herfindahl-Hirschman (IHH), para uma firma que possui patentes em cinco campos tecnológicos, com um dos campos com seis patentes e os demais apenas uma, o valor resultante do índice será de 0,67. Já no caso de cada um dos cinco campos registrar duas patentes, o valor resultante do índice será 0,89.

A revisão de literatura sobre o uso desses indicadores revela que o IHH é o mais frequentemente utilizado em estudos empíricos sobre diversificação tecnológica. Ademais, é preciso reconhecer algumas limitações dessa mensuração, como nos casos em que a atividade tecnológica da firma encontra-se em estágio embrionário, e, por consequência, possui pequena escala. Ainda que esse não seja o caso das firmas representadas nesta tese, as estimativas, nessas circunstâncias, podem subestimar a diversificação das firmas (CHEN; JANG; WEN, 2010).

Esta tese adota o indicador IHH, considerando três justificativas principais. Em primeiro, a tentativa de tornar seus resultados passíveis de comparação com os estudos mais similares sobre o tema. Segundo, o IHH apresenta-se mais sensível e adequado à análise de grandes portfólios e ao número elevado de classes tecnológicas, como é o caso deste trabalho. Em terceiro, as estimativas realizadas para ambos indicadores mostraram que as diferenças são pequenas e não interferem significativamente nos resultados alcançados.

4.2 Mensuração das variáveis independente e controle

Outra medida fundamental para a proposta empírica deste estudo é a de busca tecnológica. A literatura empírica utiliza diversas medidas de busca tecnológica bem como diferentes tipos de *proxys*, tais como: os gastos de P&D e sua intensidade (CHEN; MILLER, 2007; GREVE, 2003; HELFAT, 1994); informações obtidas a partir *surveys* (GRIMPE; SOFKA, 2009; HE; WONG, 2004; LAURSEN; SALTER, 2006); e a contagem de citações de patentes (AHUJA; LAMPERT, 2001; CORRADINI; DE PROPRIS, 2016; FLEMING; SORENSON, 2004; KATILA; GAUTAM AHUJA, 2002; ROSENKOPF; ALMEIDA, 2003).

A mensuração de diferentes processos de busca é fundamental para que sejam estabelecidas definições mais precisas de busca local e não local (exploratória) que possibilitem maiores generalizações dos resultados e o controle dos problemas de endogeneidade relacionados à heterogeneidade não observada e à possibilidade de causalidade reversa (LAURSEN, 2012). Entretanto, é pouco explícito na literatura o modo para se avaliar e comparar essas diferentes mensurações de forma consistente (YAN; LUO, 2017).

Sobre os métodos e o uso de dados para mensurar a distância tecnológica, a revisão da literatura proposta por Yan e Luo (2017) revelou que eles podem ser divididos em quatro categorias e 12 métodos, de acordo com a base lógica, os dados utilizados e o tipo de medida.

Quadro 7 – Medidas de distância em quatro categorias principais.

Base lógica	Dados utilizados	Medidas
A. Similaridade ou inter-relacionamento das bases de conhecimento	Dados de Patentes	A.1 Correferência normalizada A.2 Similaridade de cosseno de classe para classe A.3 Similaridade de cosseno de classe para patente
B. Probabilidade de inovadores diversificarem-se através de campos	Informações bibliográficas de inventores, depositantes e regiões	B1: Probabilidade de diversificação do inventor B2: Probabilidade de diversificação da organização B3: Probabilidade de diversificação do país
C. Frequência observada de inovadores diversificando campos	Informações bibliográficas de inventores, depositantes e regiões	C1: Frequência de coocorrência do inventor C2: Frequência de coocorrência da organização C3: Frequência de coocorrências do país
D. Frequência para os campos técnicos compartilharem as mesmas patentes	Informações de várias classes atribuídas à mesma patente	D1: Coclassificação normalizada D2: Similaridade de cosseno de coclassificação D3: Frequência de concorrência de patentes

Fonte: Yan e Luo (2017). Elaboração própria.

O primeiro grupo de medidas (A1, A2 e A3) utiliza informações de citações *para trás* (*backward citations*), ou seja, de referências utilizadas nas patentes (MOWERY; OXLEY; SILVERMAN, 1996; STUART; PODOLNY, 1996). Essas informações representam os insumos de conhecimento requeridos para a atividade inventiva e são utilizadas para medir o inter-relacionamento ou a similaridade de bases de conhecimento.

No caso da *correferência normalizada* (A1), a contagem de referências compartilhadas é dividida pela contagem total de todas as citações em um par de classes. Também é conhecida como índice de Jaccard, pode ser formulada como:

$$\text{Correferência} = \frac{|C_i \cap C_j|}{|C_i \cup C_j|} \quad (10)$$

Onde C_i e C_j são os números de citações para trás de patentes nas classes de tecnologia i e j ; $|C_i \cap C_j|$ é o número de patentes citadas em ambas as classes de tecnologia i e j ; e $|C_i \cup C_j|$ é

o número total de patentes únicas referenciadas em ambas as classes de tecnologia i e j , respectivamente.

Para estimativa da *similaridade de cosseno de classe para classe* (A2) o cosseno do ângulo de dois vetores representa as distribuições de citações de duas classes de tecnologia em todas as classes de patentes, podendo ser formulada como:

$$C_{ij} = \frac{\sum_k C_{ik} C_{jk}}{\sqrt{\sum_k C_{ik}^2} \sqrt{\sum_k C_{jk}^2}} \quad (11)$$

Onde C_{ij} denota o número de citações derivadas de patentes na classe de tecnologia i para as patentes na classe de tecnologia j ; e K se refere a todas as classes de tecnologia. O valor do cosseno está entre 0 e 1 e indica a similaridade das bases de conhecimento de dois campos. Para a *similaridade de cosseno de classe para patente* (A3), a mesma fórmula é aplicada, mas C_{ij} passa a denotar o número de citações de todas as patentes na classe i à patente j .

Os grupos de medidas B1-B3 e C1-C3 utilizam-se da mesma fonte de informações de patentes, que se refere à atividade inovativa bem-sucedida de diferentes tipos de agentes (inventores, firmas e países) em termos das classes em que as suas patentes são atribuídas. As medidas indicam a probabilidade ou a frequência que esses agentes diversificam através de um par de campos técnicos.

As medidas de *probabilidade de diversificação* (B1-B3) são calculadas pelo mínimo das probabilidades condicionais em pares (R_{ij}) de um agente (inventores, firmas ou países) com significativa atividade inventiva em uma determinada classe, dado que esse agente também possui expressiva atividade inovativa em outra classe. As medidas de *frequência de coocorrência* (C1-C3) empregam a proporção apresentada por Teece *et al.* (1994), discutida no seção 1.2 desta tese. Aplicada ao contexto das classes tecnológicas, a medida compara a frequência observada empiricamente de coocorrências de um par de campos técnicos nos registros de patentes de um agente (inventores, firma ou países), relativo à frequência esperada em uma situação de coocorrência aleatória, controlando os tamanhos das classes de tecnologia.

O último grupo de medidas (D1-D3) utiliza as informações das coclassificações de patentes para quantificar as coocorrências de um par de classes de tecnologia nas mesmas patentes. A coclassificação significa que uma patente é atribuída a mais de uma classe. Na *coclassificação normalizada* (D1), a contagem de patentes compartilhadas é normalizada pela contagem total de patentes únicas em um par de classes, podendo ser formulada como:

$$\text{Coclassificação} = \frac{|N_i \cap N_j|}{|N_i \cup N_j|} \quad (12)$$

Onde N_i e N_j são respectivamente o número de patentes nas classes de tecnologia i e j ; $N_i \cap N_j$ é o número de patentes compartilhadas em ambas as classes de tecnologia i e j ; e $N_i \cup N_j$ é o número total de patentes únicas em ambas as classes de tecnologia i e j .

A medida *similaridade de cosseno de coclassificação* (D2) é estimada pelo cosseno do ângulo dos dois vetores representado pela distribuição de dois campos técnicos compartilhados com todos os outros campos tecnológicos. Já a *frequência de concorrência de patentes* (D3) é medida pelo desvio do número empiricamente observado de patentes que ocorrem em um par de classes de tecnologia, do valor que seria esperado quando as classes de tecnologia são atribuídas aleatoriamente a patentes.

Apresentadas as quatro categorias e doze medidas de distância tecnológica, é importante ressaltar que essa é uma tarefa que este estudo não se propõe a realizar de maneira exaustiva. Ao invés disso, limita-se a expor a variedade de métodos existentes e sua contextualização no presente trabalho⁴⁶. Dada a proposta empírica desta tese, a simples reprodução de um dos métodos existentes se revela uma opção inadequada e incapaz de atender requisitos como abrangência e generalização dos resultados, análise do comportamento ao longo do tempo e não restrição geográfica.

Este trabalho propõe, portanto, um indicador de distância tecnológica baseado na medida do cosseno de dois ângulos, o portfólio de patentes *prioritárias* e suas respectivas *famílias*. Para tanto, advoga que quanto maior a distância tecnológica entre os portfólios, maior é a capacidade da firma em explorar conhecimentos externos. Em outras palavras, quanto maior a

⁴⁶ Para uma análise ampliada dos diferentes métodos e sua aplicação, vide Yan e Luo (2017).

distância entre os portfólios, maior é a intensidade de busca exploratória (não local) realizada pelas firmas.

De forma análoga a essa noção, pode-se sugerir que quanto mais próximos forem os portfólios tecnológicos, mais as firmas estão adotando estratégias de exploração, ou seja, relacionando o conhecimento que está na vizinhança da organização (FLEMING; SORENSON, 2004). Por outro lado, grandes distâncias são um importante sinal da adoção de estratégias de busca exploratória, ou seja, que envolvem um esforço deliberado e consciente de se afastar das bases de conhecimento mantidas pela firma (AHUJA; KATILA, 2004, p. 1184).

Se por um lado as medidas de distância tecnológica baseadas no cosseno dos ângulos são frequentes na literatura, o uso de portfólio de patentes *prioritárias* e *famílias* como fonte de dados torna esta proposta de indicador inédita na literatura. A construção dessa medida é viável dada a possibilidade do Banco Mundial de Estatísticas de Patentes (PATSTAT) fornecer informações primárias das prioridades de todos os depósitos de patentes. O aproveitamento dessa possibilidade tem exigido novos métodos empíricos e ampliado as possibilidades de investigações em diversas áreas (ALKEMADE *et al.*, 2015; DE RASSENFOSSE *et al.*, 2013; PICCI; SAVORELLI, 2012).

Após a construção de portfólios individuais para as 436 firmas estudadas nos 120 campos técnicos e em cada período selecionado, é possível comparar em que medida esses portfólios são distantes tecnologicamente. O método para mensuração dessa distância é inspirado na proposta original de Jaffe (1989). Em termos formais, seja f_{ik} a fração de patente da firma i que está na classe tecnológica k em um determinado período. Logo, o vetor $f_i = (f_{i1}, \dots, f_{ik})$ localiza o portfólio de determinada firma num espaço tecnológico dimensional K , sendo que os portfólios estão tecnologicamente *distantes* ou *próximos* uns aos outros nesse espaço. Portanto, é possível estimar a distância tecnológica D_{ij} entre dois portfólios pelo cosseno do ângulo de dois vetores, onde i corresponde às patentes prioritárias transnacionais e j corresponde a sua respectiva família. Essa medida pode ser formalmente definida como:

$$D_{ij} = 1 - \frac{\sum_{k=1}^K f_{ik} f_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^K f_{ik}^2 \sum_{k=1}^K f_{jk}^2}} \times 100 \quad (13)$$

Em outras palavras, a distância tecnológica nada mais é do que o inverso do coeficiente de correlação simples. Deste modo, D_{ij} é capaz de mensurar o grau de sobreposição entre os portfólios i e j , que será maior quanto mais distante eles forem tecnologicamente, e igual a zero se forem idênticos⁴⁷.

A análise comparativa desses portfólios tem como pressuposto a ideia de que a criação de famílias de patentes possui importantes significados econômicos que vão além da simples procura por maiores níveis de apropriabilidade. Entre os diversos significados possíveis, Thomson e Nelson (1997) destacam a exploração do comércio global de tecnologias e do comércio baseado em serviços e licenciamento; a garantia para operar localmente e comercializar produtos e serviços; e a garantia de mercado para exportação.

A ideia subjacente a essa proposição é que, no contexto das estratégias tecnológicas, quanto maior for a distância tecnológica entre o portfólio de patentes prioritárias e a suas respectivas famílias, maior é a intensidade de busca exploratória (não local) realizada pelas firmas. Como postulam Laursen, Leone e Torrisi (2010), em estudo sobre contratos de licenciamento de patentes, as distâncias tecnológicas mais longas refletem os resultados de busca mais exploratória, enquanto as mais curtas refletem os resultados de busca exploratória.

Após a análise da operacionalidade das variáveis diversificação e distância tecnológica, é preciso retomar a compreensão de suas especificidades, já que interpretações equivocadas podem levar à dedução de que ambas são substitutas. Como sugere Stirling (1998), a diversidade pode ser caracterizada em termos de três propriedades principais: *variedade*, *equilíbrio* e *disparidade*. Desta forma, enquanto a diversificação se refere à propriedade de *variedade*, e seu indicador deve ser estabelecido pelo número de partições de um portfólio, a distância concerne à propriedade *disparidade*, e seu indicador deve ser definido no espaço euclidiano entre pares de opções⁴⁸.

Adicionalmente, o trabalho também estima variáveis de controle. Para tratar dos efeitos de diferentes competências e capacitações das firmas, estima-se o seu estoque de conhecimento

⁴⁷ O indicador de correlação, ou seja, o cosseno do ângulo de dois vetores, também é utilizado para analisar o inter-relacionamento de conhecimentos, como originalmente proposto por Beschi, Lissoni e Malerba (2003) e aplicado em outros estudos como Corradini e De Propris (2016) e Corradini, Demirel e Battisti (2016).

⁴⁸ Para uma análise detalhada destas propriedades, vide Stirling (1998).

por meio do número de patentes acumulado em períodos prévios (KSTOCK). A construção dessa variável é originalmente inspirada na função de acumulação de Popp (2012), mas excluindo o componente de difusão, como proposto por Costantini e Mazzanti (2012). Da mesma forma, assim como convencionado pela literatura, essa variável considera uma taxa de depreciação de 15% (HALL; JAFFE; TRAJTENBERG, 2005).

Já a influência do tamanho das firmas é estimada pela variável (SIZE), inspirada por Nesta e Saviotti (2005) e construída a partir das informações do seu total de ativos, extraídas do banco de dados da *Bureau van Dijk* (ORBIS, 2013). Em ambos os casos, as variáveis são introduzidas no modelo após serem transformadas em escalas logarítmicas.

4.3 Especificação do modelo e estimativas econométricas

O primeiro problema a ser enfrentado nas estimativas propostas é a distribuição não normal dos dados e a natureza restrita da medida de diversidade tecnológica, que varia no intervalo entre 0 e 1. Como sugerem Papke e Wooldridge (1996), essas características podem levar a valores presumidos numa regressão com mínimos quadrados ordinários (MQO). A alternativa de modelar o *log* da razão de chances (*log-odds ratio*) como uma função linear é inadequada, uma vez que não pode lidar com os casos em que a variável dependente é igual aos limites do intervalo de 0 e 1. Da mesma forma, o ajustamento de valores extremos também é de difícil justificativa quando estes representam uma grande porcentagem dos dados.

A medida de diversidade tecnológica das firmas resulta numa variável fracionária assim como diversas outras variáveis possíveis de identificação em contextos econômicos. Para tratar adequadamente desse tipo de variável, este trabalho se inspirou em Papke e Wooldridge (1996), que ampliam a literatura sobre modelos lineares generalizados (MLG) e quase-verossimilhança propondo um modelo de resposta para obter métodos robustos para estimação e inferência com variáveis de resposta fracionária.

De acordo com os autores, esse modelo assume a disponibilidade de uma sequência de observações, que usualmente não possui distribuição normal $\{(x_i, y_i): i = 1, 2, \dots, N\}$, onde $0 \leq y_i \leq 1$ e N é o tamanho da amostra. A análise assintótica é realizada como $N \rightarrow \infty$ e a suposição mantida é que, para todo i ,

$$E(y_i|x_i) = G(x_i\beta) \tag{14}$$

Onde $G(\cdot)$ é uma função conhecida que satisfaz $0 < G(z) < 1$ para todo $z \in \mathbb{R}$ e garante que os valores previstos de y estão no intervalo $(0,1)$. A equação (14) está bem definida mesmo que y_i possa assumir 0 ou 1 com probabilidade positiva. Geralmente, $G(\cdot)$ é escolhido como uma função de distribuição acumulada (fda), sendo os dois exemplos mais populares a função logística $G(z) \equiv \Lambda(z) \equiv \exp(z)/(1 + \exp(z))$, que restringe z ao intervalo limitado aberto $I = (0,1)$ e $G(z) \equiv \Phi(z)$, onde $\Phi(\cdot)$ é uma fda normal padronizado. Entretanto, no que segue, $G(\cdot)$ não precisa sequer ser uma fda.

Declara-se a forma funcional diretamente em termos de $E(y_i|x_i)$, onde x_i é observável. Declarar o modelo de interesse em termos de $E(y_i|x_i, \Theta_i)$, onde Θ_i é a heterogeneidade não observada independente de x_i , requer que se especifique uma distribuição para Θ_i , com o objetivo de obter $E(y_i|x_i)$. Geralmente, embora não sempre, isto levará a uma forma funcional diferente da equação (14).

Desta forma, é proposto um método particular de quase-verossimilhança, sendo possível maximizar a função de probabilidade logarítmica de Bernoulli expressa como:

$$l_i(\beta) = y_i \log[G(x_i\beta)] + (1 - y_i) \log[1 - G(x_i\beta)] \quad (15)$$

Essa função procura obter um estimador de máxima quase-verossimilhança de β , que é consistente independentemente da distribuição y_i condicional a x_i usando regressões *logit* ou *probit*. Assim, dada a estrutura não-balanceada dos dados e o número limitado de observações por painel, os dados foram organizados pressupondo o potencial dos erros-padrão robustos em explicar heterogeneidades e a dependência estatística das séries ao longo do tempo.

A partir desses pressupostos, especificou-se o modelo geral da seguinte forma:

$$DIVTECH = DISTECH + DISTECH^2 + KSTOCK + SIZE + DUMMY_{Periodo} + DUMMY_{Size} \quad (16)$$

4.4 Resultados empíricos

Como foi discutido, a principal variável dependente do modelo é estimada pela diversidade tecnológica das firmas (TECHDIV) e resulta em valores que oscilam no intervalo $I = (0,1)$. Em estimativas adicionais, converte-se essa variável em uma variável binária, que é igual a 1 para todas as observações que são maiores que zero.

Quadro 8 – Descrição das variáveis e respectivas fontes.

	Descrição	Fonte
TECHDIV	Indicador de diversificação tecnológica – dispersão do portfólio de patentes entre classes	Patstat (2012)
TECHDIV_B	Variável binária construída a partir do indicador TECHDIV para estimação dos modelos <i>logit</i> .	Patstat (2012)
DISTECH	Distância tecnológica entre patentes prioritárias transnacionais e suas famílias no portfólio das firmas.	Patstat (2012)
DISTECH ²	Quadrado da distância tecnológica entre patentes prioritárias transnacionais e suas famílias no portfólio das firmas.	Patstat (2012)
KSTOCK	Estoque de conhecimento da firma – patentes acumuladas pela firma em períodos prévios.	Patstat (2012)
SIZE	Tamanho da firma – total de ativos da firma em US\$.	Orbis (2013)

Fonte: EPO (2012) e Orbis (2013). Elaboração própria.

A principal variável independente é a distância tecnológica (DISTECH), que determina a distância tecnológica entre os portfólios de patentes prioritárias transnacionais e suas famílias. Para a análise das relações não lineares entre diversidade e distância tecnológica, transforma-se a última em uma variável quadrática (DISTECH²). As demais variáveis medem o estoque de conhecimento da firma (KSTOCK) e o seu tamanho é medido em ativos (SIZE). Essas variáveis foram escolhidas para compor os modelos de regressão. Suas estatísticas descritivas principais são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no modelo.

Descrição	Obs	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
TECHDIV	1473	0,5400	0,2953	0	1
TECHDIV_B	1473	0,8940	0,3478	0	1
DISTECH	1473	2,5209	5,5647	0	65,36
DISTECH ²	1473	37,3009	214,1189	0	4271,93
KSTOCK	1443	3,7856	1,3807	0,5306	8,0559
SIZE	1040	15,4038	2,6259	2,7725	19,8709

Fonte: EPO (2012) e Orbis (2013). Elaboração própria.

Sobre as estimativas econométricas da relação entre distância e diversidade tecnológica, a Tabela 11 apresenta principais aferições dos coeficientes. A primeira e a segunda coluna apresentam a estimação linear, a terceira e a quarta com o fracionário e a quinta coluna o modelo logístico. Nos dois primeiros casos, os exercícios econométricos iniciam com a inclusão das variáveis lineares e quadrática da distância tecnológica para explicar a não linearidade na relação entre as distâncias e a diversidade tecnológica, juntamente com as variáveis de controle, para em seguida incluir a variável estoque de conhecimento e a variável tamanho das firmas.

Na quinta coluna, estima-se um modelo logístico de máxima verossimilhança padrão. Para tanto, converte-se a variável dependente em uma variável binária (TECHDIV_B), que é igual

a 1 para todas as observações maiores que zero. A inclusão do modelo *logit* padrão tem fins apenas comparativos, sendo que é preciso reconhecer os problemas de perda de informações na conversão da variável dependente em uma variável binária.

Tabela 11 – Estimativa dos coeficientes das regressões linear, *logit* fracionária e *logit* padrão.

Variável dependente	TECHDIV				
Modelo	Linear		Logit fracionária ⁴⁹		Logit
Variáveis independentes/controle	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
DISTECH	0,0469*** (0,0029)	0,0431*** (0,0029)	0,2506*** (0,0259)	0,2329*** (0,0195)	1,6852 (1,1253)
DISTECH ²	-0,0009*** (0,0001)	-0,0007*** (0,0000)	-0,0049*** (0,0013)	-0,0040*** (0,0005)	-0,0278 (0,0189)
KSTOCK		0,0363*** (0,0065)		0,1605*** (0,0289)	0,9132*** (0,1259)
SIZE		0,0457*** (0,0051)		0,2020*** (0,0226)	0,1167** (0,0416)
Constante	0,4287*** (0,0165)	-0,3968*** (0,1128)	-0,3824 (0,3002)	-4,0201*** (0,5160)	-2,5051*** (0,7455)
<i>Dummies</i> períodos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Dummies</i> tamanho da firma	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Número de firmas	436	301	436	301	301
Número de observações	1473	1019	1473	1019	1019
Log pseudo-verossimilhança			-716,9567	-475,63	-210,38
AIC			0,9870	0,9492	

Fonte: EPO (2012) e Orbis (2013). Elaboração própria. * $p < 0,10$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$. Erro-padrão robusto em parênteses.

Em todos os modelos, a variável distância tecnológica é estatisticamente significativa, e, em todos os casos, o coeficiente associado ao DISTECH é positivo e o coeficiente associado a DISTECH² é negativo. Esses resultados representam evidências consideráveis da presença de uma relação não linear em formato de “U” invertido entre distância da busca e diversidade tecnológica.

A relação em forma de “U” invertido revela que a variável dependente y_i primeiro aumenta em relação à variável independente x_i a uma taxa decrescente até atingir um ponto máximo, a partir do qual y_i passa a diminuir a uma taxa crescente à medida que x_i continua a aumentar. Para fornecer evidências de uma relação em forma de “U”, regride-se a variável dependente y_i na variável independente x_i e seu quadrado. A especificação mais comum desta equação na sua forma quadrática é dada por:

$$y_i = \alpha + \beta x_i + \gamma x_i^2 + \xi' z_i + \varepsilon_i \quad (17)$$

⁴⁹ Sobre a estimação do modelo *Logit* fracionário por meio do *Software* Stata, vide Baum (2008).

Desta forma, um γ negativo e com significância estatística indica uma relação em forma de “U” invertido e um γ positivo em forma de “U” apenas. Entretanto, um coeficiente γ significativo é uma condição necessária, mas não suficiente, para estabelecer uma relação quadrática. Em resposta a essa condição, este trabalho realizou as três etapas dos testes para o diagnóstico da relação em formato de “U” sugerido por Lind e Mehlum (2010).

Na primeira etapa, γ precisa ser significativo e apresentar o sinal esperado, como discutido anteriormente. Na segunda, a inclinação deve ser suficientemente íngreme em ambas as extremidades do intervalo de dados. Para medir essa inclinação, supõe-se que x_l está na extremidade baixa do intervalo x_i , enquanto x_h na extremidade mais alta. O teste formal para uma relação em forma de “U” invertido consiste em mostrar que a inclinação em x_l é dada por $\beta + 2\gamma x_l > 0$ e a inclinação em x_h por $\beta + 2\gamma x_h < 0$. É fundamental que ambos os testes de inclinação sejam significativos e, caso apenas um for significativo, o verdadeiro relacionamento pode ser apenas a metade de uma forma de “U”.

A terceira etapa requer que o *turning point* esteja bem localizado no intervalo de dados. Partindo da primeira derivada da Equação (17) e ajustando-a para zero, tem-se como resultado o ponto de inflexão em $-\beta/2\gamma$. Esta condição pode ser testada estimando o intervalo de confiança de 95% do *turning point*, ou seja, se esse intervalo de confiança está dentro do intervalo de dados, pode-se estar razoavelmente certo de que existe uma curva em forma de “U”. A síntese dos resultados dos testes é apresentada na Tabela 12.

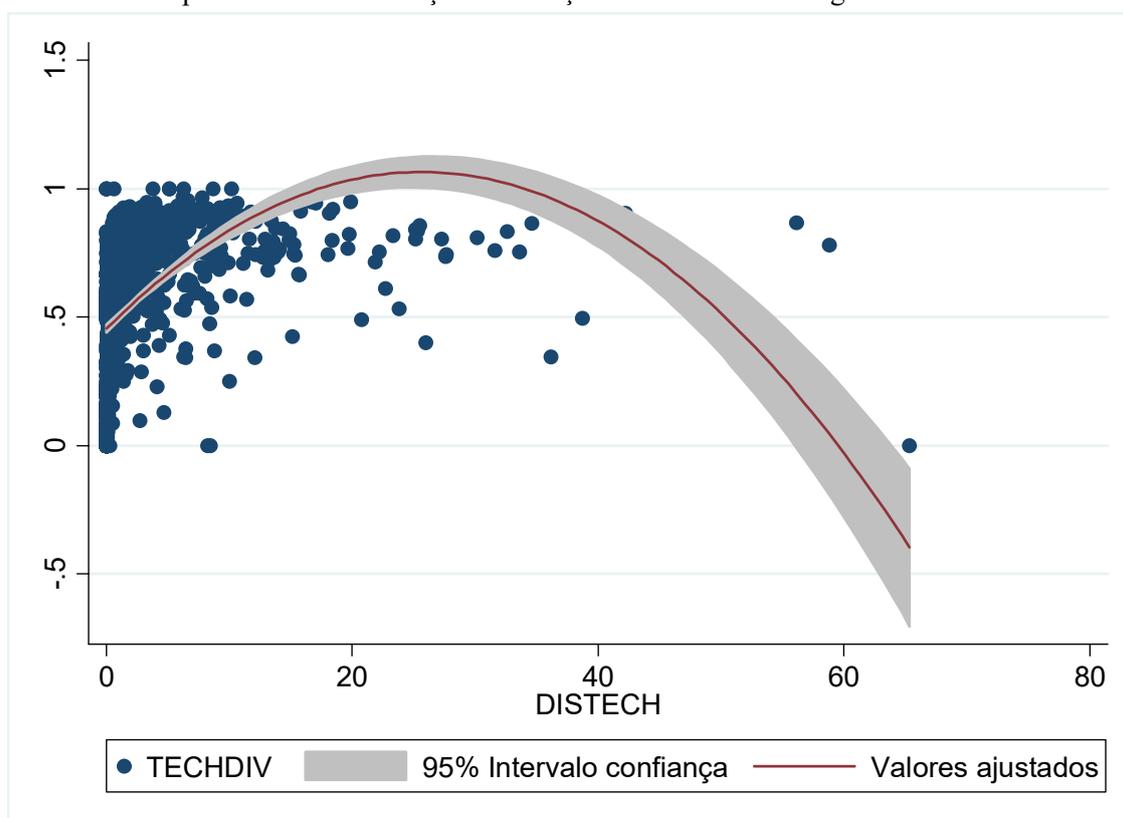
Tabela 12 – Síntese dos testes para o diagnóstico da relação em formato de “U”.

Testes/Modelo	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Inclinação em x_l	0,047	0,043	0,251	0,233	1,685
Inclinação em x_h	-0,071	-0,048	-0,390	-0,290	-1,949
Ponto de inflexão	26,06	30,79	25,57	29,11	30,31

Fonte: Elaboração própria.

Em todos os casos, a realização dos testes sugeridos por Lind e Mehlum (2010) corroboraram o diagnóstico da existência de uma relação em formato de “U” invertido entre a diversificação e a distância tecnológica. Para além destes testes, visando um maior rigor empírico e a interpretação dos resultados, Haans, Pieters e He (2016) também aconselham a inclusão de gráficos como uma norma para demonstrar que a curva assume a forma esperada e que o *turning point* está dentro da faixa de dados. A forma ajustada dessa curva é apresentada no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Dispersão da diversificação em relação à distância tecnológica.

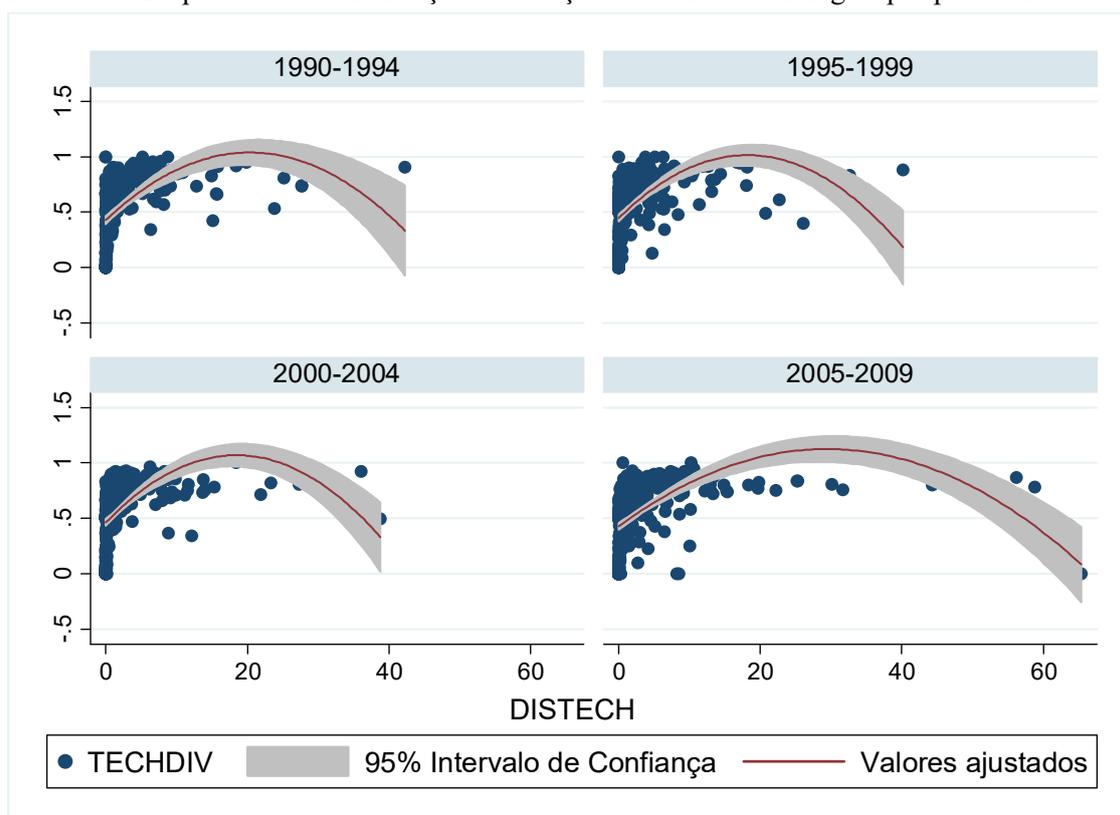


Fonte: EPO (2012) e Orbis (2013). Elaboração própria.

Nas estimativas seguintes, procura-se explorar o potencial da análise dos dados em painel para identificar mudanças estruturais na relação entre as variáveis. Essa iniciativa parte do diagnóstico de que a maioria dos estudos prévios são transversais e, por consequência, sofrem de problemas de heterogeneidade não observada (LAURSEN, 2012). Desta forma, também se procura extrapolar essas limitações, colocando a dimensão temporal no centro da análise.

A primeira iniciativa nesse sentido é a análise gráfica. Para tanto, é importante observar não apenas as variações nos padrões, mas principalmente como podem mudar ao longo do tempo. Essa análise é possível pela vantagem dos dados de patentes em apresentar um grau de comparabilidade temporal. O Gráfico 3 mostra a dispersão da busca tecnológica em relação à diversificação entre os períodos estudados. Por critérios metodológicos, a análise gráfica deve se limitar a propósitos explorativos. Ainda assim é possível perceber um padrão em formato de “U” invertido na relação entre as variáveis. Da mesma forma, ao se comparar os períodos, percebe-se que existe uma expressiva mudança nesses padrões.

Gráfico 3 – Dispersão da diversificação em relação à distância tecnológica por períodos.



Fonte: EPO (2012) e Orbis (2013). Elaboração própria.

O segundo esforço de controle das heterogeneidades individuais procura explorar o máximo de informações da estimação de dados por dados do painel. A variável distância tecnológica (DISTECH) controla o comportamento individual das firmas nos processos de busca, tanto entre firmas quanto ao longo do tempo. Esse painel é, por natureza, não balanceado, pois nem todas as variáveis estão disponíveis para todas as firmas em todos os períodos. É também do tipo curto, dado o grande número de firmas e pequeno número de período. A Tabela 13 sintetiza os resultados das variâncias estudadas.

Tabela 13 – Estimativa das variâncias estudadas.

Variável		Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Observações
TECHDIV	Geral	0,5400	0,2953	0	1	N = 1473
	Between		0,2509	0	0,9422	n = 436
	Within		0,1600	-0,1303	1,1438	T-bar = 3,3784
DISTECH	Geral	2,5209	5,5647	0	65,36	N = 1473
	Between		3,3688	0	26,445	n = 436
	Within		4,3848	-22,8440	46,0359	T-bar = 3,3784
DISTECH2	Geral	37,3009	214,1189	0	4271,93	N = 1473
	Between		110,2594	0	1395,39	n = 436
	Within		179,2721	-1356,922	2913,841	T-bar = 3,3784
KSTOCK	Geral	3,7856	1,3807	0,5306	8,0559	N = 1443
	Between		0,9682	1,2237	7,0640	n = 436
	Within		0,9561	-0,1908	6,0712	T-bar = 3,3096
SIZE	Geral	15,4038	2,6259	2,7725	19,8709	N = 1040
	Between		2,6541	2,7725	19,8709	n = 301
	Within		0	15,4038	15,4038	T-bar = 3,4551

Fonte: EPO (2012) e Orbis (2013). Elaboração própria

Sobre as estimativas econométricas com efeitos fixos e aleatórios, a Tabela 14 apresenta as estimativas principais dos coeficientes. A primeira e a segunda coluna apresentam a estimação com o modelo com efeitos fixos, a terceira e a quarta, o modelo com efeitos aleatórios. Assim como nas regressões anteriores, os exercícios econométricos iniciam com a inclusão das variáveis lineares e quadrática da distância tecnológica para explicar a não linearidade na relação entre a distância e diversidade tecnológica, juntamente com as variáveis de controle, para em seguida incluir as variáveis estoque de conhecimento e tamanho das firmas.

Tabela 14 – Estimativa dos coeficientes das regressões em modelos *Between*, efeitos fixos e aleatórios.

Variável dependente	TECHDIV					
Modelo	<i>Between</i>		Efeitos Fixos		Efeitos Aleatórios	
Variáveis independentes/ controle	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(5)
DISTECH	0,0673*** (0,0055)	0,0610*** (0,0059)	0,0297*** (0,0028)	0,0290*** (0,0027)	0,0354*** (0,0026)	0,0337*** (0,0028)
DISTECH ²	-0,0013*** (0,0001)	-0,0010*** (0,0001)	-0,0005*** (0,0000)	-0,0005*** (0,0000)	-0,0007*** (0,0000)	-0,0006*** (0,0000)
KSTOCK		0,0421*** (0,0120)		0,0371*** (0,0120)		0,0304*** (0,0089)
SIZE		0,0447*** (0,0073)				0,0491*** (0,0077)
Constante	0,5174*** (0,1653)	-0,4415* (0,2333)	0,4601*** (0,0109)	0,3949*** (0,0321)	0,4565*** (0,0715)	-0,4110*** (0,1039)
<i>Dummies</i> períodos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Dummies</i> tamanho	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Número de firmas	436	436	436	436	436	301
Número de observações	1473	1443	1473	1443	1473	1019

Fonte: EPO (2012) e Orbis (2013). Elaboração própria. * $p < 0,10$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$. Erro-padrão robusto em parênteses.

Para todos os modelos propostos, a variável distância tecnológica mais uma vez é estatisticamente significativa, e em todos os casos o coeficiente associado ao DISTECH é

positivo e o coeficiente associado a DISTECH² é negativo, repetindo as estimativas anteriores. Desta forma, os resultados reforçam as evidências da presença de uma relação não linear em formato de “U” invertido entre distância e diversidade tecnológica.

Sobre a análise das estimativas mais adequadas, é preciso levar em consideração que o modelo de efeitos fixos é operacionalmente mais simples, embora possa consumir muitos graus de liberdade nos casos de muitas unidades de cortes transversal e/ou temporal. Se for esse caso, o modelo de efeitos aleatórios é mais interessante, pois seus estimadores seriam mais eficientes.

Outro aspecto a ser considerado é a variabilidade do regressor. Em situações em que os valores de uma unidade de corte variam pouco entre os períodos, os modelos de efeitos fixos produzem estimativas pouco precisas, ou seja, a baixa variabilidade de fatores explanatórios gerará elevadas variâncias. Desta forma, o modelo de efeitos aleatórios será mais indicado.

Um teste formal de especificação capaz de comparar as estimativas de efeito fixo e aleatório é o teste Hausman. A existência de diferenças significativas entre as estimativas sugere a inconsistência dos estimadores de efeito aleatório. De acordo com os resultados do teste, ao afirmar que os estimadores do modelo de efeito aleatório são inconsistentes, se está sujeito a um erro próximo de zero. Como resultado, rejeita-se H_0 e as estimativas de efeito aleatório são consideradas inconsistentes. Após essas análises, a principal conclusão para este trabalho é que as estimativas de efeitos fixos se mostram mais adequadas se comparadas à aleatória.

4.5 Análise dos resultados

Esta tese teve como objetivo investigar se a diversificação de competências das firmas é afetada pela busca tecnológica em áreas de mitigação das mudanças climáticas. Deste modo, seu resultado principal consiste em produzir e analisar evidências de como a capacidade das firmas em explorar conhecimentos externos influencia a sua diversificação tecnológica.

Essa proposição parte do diagnóstico de que os estudos prévios analisaram essas variáveis apenas de forma indireta, e ainda assim, seus resultados são pouco conclusivos e limitados no seu potencial de generalização e análise temporal. Em outras palavras, uma questão subjacente aos resultados encontrados pela literatura é a necessidade de se avaliar o quão longe a relação entre diversificação e busca tecnológica se mantém em diferentes contextos.

Esta tese procurou sobrepujar essas limitações por meio um exame do perfil tecnológico de 436 firmas em 120 campos técnicos relacionados às tecnologias de mitigação das mudanças climáticas, durante um período 20 anos (1990-2009). Numa perspectiva geográfica, essas firmas estão localizadas em 23 países, atuam em 116 diferentes atividades econômicas e conduzem a busca tecnológica em 86 escritórios em todo mundo. Essas características garantem a esta investigação um escopo geográfico, setorial e temporal único.

O principal resultado é a comprovação da existência de uma relação curvilínea em formato de “U” invertido entre diversificação tecnológica e processos de busca. Ao considerar a abrangência geográfica e temporal, esses resultados são evidenciados de forma pioneira na literatura. Essa relação curvilínea é comprovada não apenas pela análise dos coeficientes, mas também pela realização dos testes adicionais e análises gráficas, como sugere a literatura.

Tais resultados confirmam estudos prévios que argumentam que a busca exploratória tem um efeito positivo sobre a diversificação tecnológica da firma. Por outro lado, um resultado importante é a comprovação de que essa relação não se mantém em todos os contextos e, portanto, não cresce indefinidamente. De modo mais específico, a contribuição da busca para a diversificação aumenta a uma taxa decrescente até atingir um ponto máximo, a partir do qual passa a diminuir a uma taxa crescente.

Esta tese argumenta que a redução da diversificação a partir de determinado ponto da curva pode ser interpretada, mais especificamente, como consequência dos limites impostos pela capacidade de absorção potencial das firmas. Assim, diferentemente da capacidade de absorção realizada, que está relacionada à transformação e à exploração para fins comerciais, a potencial tende a impor um limite à capacidade das firmas em adquirir e assimilar conhecimento gerado externamente.

O comportamento das variáveis diversificação tecnológica, capacidade de absorção e processo de busca (operacionalizado pela distância tecnológica), pode ser visualizado por meio de um sistema de coordenadas cartesianas inspirado na proposta de Gilsing *et al.* (2008), apresentado na Figura 4.

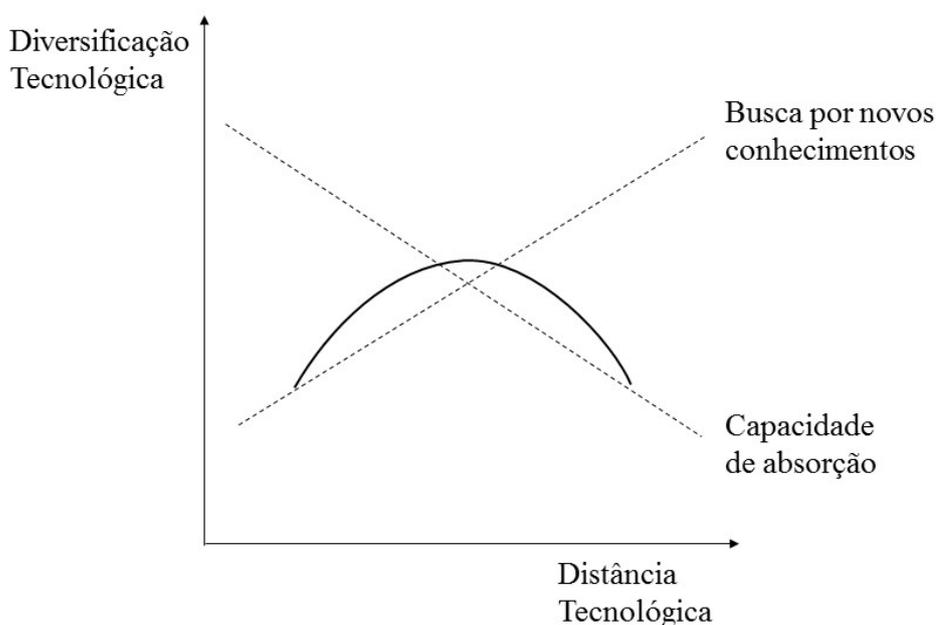


Figura 4 – Relação entre diversificação e distância tecnológica.
Fonte: Elaboração própria.

Sobre a repercussão desse comportamento para questões internas, é possível conjecturar que cada firma opera em torno de um ótimo local e que vários benefícios e custos associados a um desses ápices formam uma curva de “U” invertido. Nesse contexto, as heterogeneidades, como ambiente tecnológico, recursos específicos e *path dependence*, definem uma curva de otimização particular em que as mudanças ocorrem de forma incremental. Em outras palavras, cada ponto de ótimo individual pode ser visto como resultado de um conjunto de rotinas internas que são difíceis de reconfigurar, uma vez que são desenvolvidas e se tornam enraizadas na estrutura da firma (GAVETTI; LEVINTHAL, 2000).

A constituição dessas curvas não deve ser vista como um guia no qual firmas conduzem estratégias ótimas de diversificação. A estratégia de busca exploratória capaz de resultar num nível mais elevado de diversificação pode ser custosa, ou mesmo impossível, devido a decisões adotadas no passado, mas também pelos limites impostos pela própria capacidade de absorção. Quanto ao movimento ao longo dessa curva, é mais provável que ele ocorra de forma adaptativa e circunscrita a processos de *path dependence*. Ou seja, dado um conjunto de atividades conduzido pela firma, é possível alcançar um equilíbrio entre busca e diversificação, e, ainda assim, estar distante de um máximo global.

Sobre o grau de originalidade dos resultados alcançados, é preciso reconhecer que as relações não lineares em formato de “U” invertido são identificadas em diversos estudos empíricos, especialmente em estudos na área de gestão estratégica⁵⁰ (HAANS; PIETERS; HE, 2016), assim como o conceito de capacidade de absorção é um dos mais frequentes em estudos sobre organizações e sobre o processo de inovação (LANE; KOKA; PATHAK, 2006). Não obstante, se considerarmos a abrangência e a forma como essas variáveis são relacionadas, é possível afirmar que a análise proposta nesta tese constitui uma contribuição original para a literatura.

Os resultados encontrados também revelam padrões significativos de evolução nas variáveis diversificação e busca tecnológica. Ao retomar a Tabela 13, no que se refere à diversificação tecnológica, percebe-se que a variância é maior entre as firmas (*between*) se comparada com a variância entre os períodos (*within*), o que pode ser consequência tanto da relativa estabilidade da diversificação ao longo do tempo, quanto da forte heterogeneidade entre as firmas.

Esse resultado ratifica os estudos prévios que mostram que o perfil tecnológico das firmas é fortemente diferenciado, mas também relativamente estável ao longo do tempo (PATEL; PAVITT, 1997). Como consequência, é possível afirmar que existe certo padrão temporal no grau de diversificação das firmas ao longo do tempo. Esse padrão está relacionado ao fato da busca tecnológica estar fortemente restringida pelas competências mantidas pela firma.

Ao analisar essas variâncias a partir da variável de busca tecnológica, percebe-se o resultado inverso. Nesse caso, a variância entre os períodos (*within*) é superior à variância entre as firmas (*between*). Esse resultado pode indicar a importância das transformações nos padrões de busca tecnológica ao longo do tempo e a existência de um determinado nível de busca entre as firmas. Desta forma, é possível constatar que a busca tecnológica é uma atividade conduzida pelas firmas seguindo um determinado nível, que independe do seu tamanho, setor econômico ou localização. A existência de níveis padronizados de busca entre as firmas demonstra a necessidade permanente de monitorar e/ou absorver conhecimentos, especialmente no caso de tecnologias emergentes. Tal resultado também pode ser relacionado

⁵⁰ A título de exemplo, cerca de 11% de todos os artigos publicados na *Strategic Management Journal* (SMJ) entre 2008 e 2012 investigaram essas relações quadráticas (HAANS; PIETERS; HE, 2016).

a um esforço contínuo para evitar o excesso de busca (*over search*) e suas consequências no desempenho das firmas (KATILA; GAUTAM AHUJA, 2002; LAURSEN; SALTER, 2006).

Todavia, é possível perceber que esses padrões são alterados ao longo do tempo e assinalam um comportamento adaptativo ao seu contexto. Esse resultado pode preencher uma lacuna dos estudos empíricos, que, na sua maioria, são realizados a partir de análises transversais e passíveis de problemas relacionados a heterogeneidades não observadas (LAURSEN, 2012).

Os resultados encontrados também possuem repercussões pertinentes para a literatura. A primeira, e talvez a mais importante, está em se somar aos estudos que procuram ampliar a análise dos determinantes da diversificação tecnológica, para além do desempenho econômico. Mais especificamente, aos estudos que visam melhorar a compreensão de como a diversificação tecnológica é afetada por sua capacidade de explorar conhecimentos externos. A revisão de literatura identificou que essas relações são investigadas apenas indiretamente e que a busca tecnológica é usualmente representada pelos gastos em P&D (ALONSO-BORREGO; FORCADELL, 2010; CHIU *et al.*, 2010; GEMBA; KODAMA, 2001; MILLER, 2006). Como consequência, os resultados dos estudos sobre a relação entre essa capacidade e a diversificação tecnológica das firmas tendem a ser pouco conclusivos. De forma geral, a literatura confirma a existência de uma relação positiva entre essas variáveis. Por outro lado, esses resultados possuem limitado potencial de generalização, além de pouco esclarecerem sobre como essas relações variam no tempo.

É importante reconhecer que as variáveis diversificação e busca tecnológica estão presentes num número relativamente grande de estudos, que as relacionam a um variado conjunto de fenômenos (CHANG *et al.*, 2014; CHEN; YANG; LIN, 2013; CHEN; CHANG, 2012; GARCIA-VEGA, 2006; HUANG; CHEN, 2010; KIM; LEE; CHO, 2016). Entretanto, como defendido nesta tese, nenhum desses esforços analisou sistematicamente as relações empíricas entre essas variáveis e suas repercussões para literatura.

Uma exceção a esta regra é o trabalho de Quintana-Garcia e Benavides-Velasco (2008), que procurou compreender as relações entre diversificação tecnológica e processos de busca. Esse estudo examinou um conjunto de firmas norte-americanas de biotecnologia e revelou que: i) um portfólio tecnologicamente diversificado afeta positivamente a competência da firma para inovar, ii) a introdução de novas tecnologias favorece a busca por complementariedades e

novas soluções que aumentam a taxa de inovação e evitam armadilhas de aprendizado, iii) a criação e *inventários de competências* permite a efetiva utilização de novos conhecimentos e influencia positivamente na acumulação de capacidade de absorção e exploração de oportunidades, e iv) o escopo de recursos tecnológicos intervém na busca exploratória mais do que na explotaciónária.

O trabalho de Quintana-Garcia e Benavides-Velasco (2008) traz noções fundamentais das relações investigadas nesta tese. Entretanto, o estudo também está sujeito aos mesmos problemas dos demais, pois é conduzido num contexto geográfico e setorial específico (firmas norte-americanas de biotecnologia), e, desta forma, possui limitado potencial de generalização dos seus resultados.

Sobre a literatura específica acerca da capacidade de absorção, estudos prévios produziram evidências robustas acerca da redução da diversificação a partir da capacidade de absorção *realizada* com o objetivo de transformar conhecimentos externos para fins comerciais (CHANG *et al.*, 2014; CHEN; CHANG, 2012; LETEN; BELDERBOS; VAN LOOY, 2007). Por outro lado, as evidências encontradas nesta tese são uma contribuição relevante para a inclusão da dimensão *potencial* na explicação da redução da diversificação das firmas. Essa perspectiva também pode contribuir para tornar mais completo o debate acerca dos efeitos da capacidade de absorção sobre a diversificação das firmas.

O efeito dessas mudanças ao longo do tempo também está relacionado a outro debate na literatura acerca do efeito de descontinuidades tecnológicas em setores econômicos e firmas incumbentes. A literatura tradicional revela que essas descontinuidades levam a mudanças no ambiente de mercado gerando intensificação da competição ou mesmo um colapso nos padrões competitivos (ABERNATHY; CLARK, 1985; ANDERSON; TUSHMAN, 1990). Nesse contexto, as dificuldades das firmas incumbentes surgem quando as descontinuidades destroem suas competências e tornam a sua base de conhecimento obsoleta (TUSHMAN; ANDERSON, 1986), ou quando firmas subestimam o ataque de entrantes e o impacto potencial nos seus mercados de atuação (CHRISTENSEN; ROSENBLOOM, 1995). Entretanto, essa abordagem pressupõe que as firmas incumbentes são dotadas de *competências rígidas* e, por isso, carrega certo otimismo em relação à capacidade de novos entrantes em romper com setores estabelecidos (BERGEK *et al.*, 2013).

Nesse aspecto, os resultados dessa tese corroboram estudos prévios (BERGEK *et al.*, 2013; GRANSTRAND; PATEL; PAVITT, 1997), que contestam as visões de que a emergência de inovações é frequentemente associada a amplos processos de destruição de competências (TUSHMAN; ANDERSON, 1986). Portanto, este estudo produz evidências que demonstram como as transformações e as discontinuidades em tecnologias de mudança climática são conduzidas majoritariamente por firmas incumbentes, que, de forma contínua, diversificam seu perfil de competências tecnológicas por meio de processos de busca. Em outras palavras, os resultados podem ser interpretados como um forte indício de que grande parte das discontinuidades esteja, de fato, sendo impulsionada por incumbentes, mas ainda assim produzindo profundas transformações nos mais diversos setores industriais.

Por fim, sobre a análise dessa dinâmica tecnológica numa perspectiva setorial, a literatura revela que a exploração de tecnologias em áreas com elevada oportunidade tecnológica é realizada em sua maioria por firmas que já atuam nessas atividades econômicas. Ou seja, as firmas que patenteiam numa determinada tecnologia tendem a explorar oportunidades neste mesmo campo tecnológico (PATEL; PAVITT, 1997, p. 152).

Os resultados encontrados nesta tese e apresentados pela Tabela 9 mostram que a exploração das oportunidades varia significativamente entre os setores tecnológicos. Os setores *agricultura e conservação de energia* são altamente concentrados, ou seja, com oportunidades exploradas por firmas de grupo concentrado de atividades econômicas. Já as oportunidades em setores *energias alternativas e gerenciamento de resíduos* são exploradas por firmas num número mais diversificado de atividades econômicas.

Esses resultados contrastam com os argumentos de Pavitt e Patel (1997), já que a maioria dos setores analisados não são concentrados ou possuem concentração moderada. O argumento para essa diferença é que as fronteiras em tecnologias de mitigação são mais difíceis de serem estabelecidas, se comparadas com os setores analisados pelos autores. Também influencia nessas diferenças o fato de os autores trabalharem com um nível mais elevado de agregação (IPC com quadro dígitos) e de diferenças nos períodos de análise.

4.5.1 *Implicações para literatura de tecnologia e mudanças climáticas*

Para além dos resultados sobre diversificação tecnológica e processos de busca, este trabalho demonstra convergências com a literatura sobre a dinâmica tecnológica no contexto das mudanças climáticas. Essas convergências podem ser divididas em dois grupos principais.

O primeiro grupo é a literatura sobre a atividade inventiva em tecnologias de mitigação das mudanças climáticas em escala global. Nesse sentido, o trabalho corrobora resultados anteriores que mostram a forte concentração dessa atividade em três países principais: Japão, Alemanha e Estados Unidos (DECHEZLEPRÊTRE *et al.*, 2011; DURÁN-ROMERO; URRACA-RUIZ, 2015; LANJOUW; MODY, 1996). Entretanto, este trabalho se difere dos demais por possuir um escopo mais amplo de tecnologias analisadas e por ser conduzido no nível da firma. Assim, o grau de concentração nesses três países, que os estudos prévios estimaram entre 58,9% e 66,3% (DECHEZLEPRÊTRE *et al.*, 2008, 2011), na análise proposta neste trabalho variou entre 78,4% e 82,2% do total durante os períodos analisados.

O trabalho de Urraca-Ruiz e Durán-Romero (2013) mostrou o papel das multinacionais na *captura* de competências em tecnologias ambientais no exterior. Na tentativa de aproximar essas abordagens, é possível considerar o processo de busca como um requisito essencial para uma maior efetividade dessa *captura* além das fronteiras. Complementar a esse resultado, esta tese revela que a adoção de estratégia de diversificação de competências por meio de processos de busca tecnológica é também marcada pela presença significativa de firmas pequenas e médias.

O segundo grupo de convergências entre este trabalho e a literatura se refere ao debate sobre transferência de tecnologias de mitigação das mudanças climáticas para países em desenvolvimento, entendida por muitos como uma questão-chave para o estabelecimento de limites de GEE e um tema recorrente em negociações da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC).

Muitos países e instituições têm reivindicado a flexibilização dos direitos de propriedade intelectual no âmbito dos acordos das TRIPS como forma de ampliar o acesso a tecnologias de mudanças climáticas. Entretanto, países desenvolvidos e associações de empresas afirmam que somente o fortalecimento destes direitos é capaz de encorajar a transferência e a difusão destas tecnologias (UNEP, 2011). Ockwell *et al.* (2010) argumentam que os discursos

políticos podem levar a posições políticas conflitantes sobre os direitos de propriedade intelectual e que eles falham por não reconhecer a necessidade de que países em desenvolvimento construam uma capacidade de absorção suficiente para lidar com essas tecnologias.

Os resultados alcançados mostram que as firmas estudadas ampliaram significativamente suas famílias de patentes para países em desenvolvimento como Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul. Estudos interpretam o aumento de famílias como um indicador do número de transferências tecnológicas entre os países (DECHEZLEPRÊTRE, 2009; DECHEZLEPRÊTRE *et al.*, 2011). Entretanto, esta tese advoga que esse indicador precisa ser analisado com cautela. Os vínculos estabelecidos entre países por meio de famílias de patentes são condições necessárias mas não suficientes para a efetiva transferência tecnológica, pois é preciso considerar a ampla gama de processos envolvidos no desenvolvimento de capacidades tecnológicas.

Bell (2012) afirma que esses processos estão relacionados a capacidades de avaliar e decidir pela introdução de novas tecnologias, quais utilizar, que componentes modificar, onde e como adquiri-los. Desta forma, quanto mais complexas forem as tecnologias envolvidas, mais importantes serão essas capacidades. Outro aspecto crítico é a função que a mudança técnica desempenha no processo de difusão.

Em muitas situações, para que uma tecnologia se difunda é preciso que ela seja adaptada às condições locais, o que pode requerer capacitações para aprimorar e replicar uma determinada tecnologia (OCKWELL *et al.*, 2010). No caso específico de *latecomers* essa adaptação requer a formulação e implantação de políticas tecnológicas específicas, que, distribuídas em etapas, passam pela demonstração da tecnologia, pelos estímulos ao surgimento de indústrias locais de equipamentos, além de capacitações locais por meio de programas de testes, certificação e padronização (CAMILLO, 2013).

CONCLUSÃO

Esta tese teve como objetivo investigar se a diversificação de competências das firmas é afetada pela busca tecnológica em áreas de mitigação das mudanças climáticas. Para tanto, o trabalho procura examinar em que medida a capacidade das firmas em explorar novos conhecimentos determina a diversificação de suas competências nessas tecnologias.

Ao longo da discussão na literatura, a diversificação corporativa foi percebida como a forma pela qual, por meio da sua expansão para novos mercados geográficos e de produtos, as firmas modernas evoluem. Essa evolução é determinada pelas oportunidades disponíveis no ambiente, pelo conjunto de recursos produtivos controlados pelas firmas e pela estrutura administrativa que coordena a sua utilização.

O processo de diversificação corporativa foi amplamente estudado por essa literatura, que revelou a existência de certa *coerência* na forma como tal diversificação se desenvolve ao longo do tempo. A literatura também demonstrou, ainda que com expressiva variação nos resultados, que os maiores níveis de diversificação estão positivamente associados com um maior desempenho econômico.

Diante da crescente importância do conhecimento científico e tecnológico no mundo moderno, novas abordagens procuraram tratar mais adequadamente a variável *conhecimento organizacional*. Para tanto, um requisito fundamental foi a investigação dos mecanismos de criação, captura e acumulação desse conhecimento por parte das firmas. De acordo com essa abordagem, as firmas exercem a função de integradoras de conhecimento, que é combinado e recombinado em busca de aplicação comercial. Nessas condições, o acesso a uma variedade de recursos é um fator crítico capaz de afetar a sua competitividade e sobrevivência ao longo do tempo.

No funcionamento dessas firmas, enquanto a criação de rotinas permite a incorporação de novos conhecimentos que aumentam a amplitude da sua base tecnológica, a condução de processos de busca permite que essas rotinas sejam modificadas e substituídas ao longo do tempo. Essa amplitude tecnológica é afetada por forças que são, em parte, diferentes das que regem o aumento do número de produtos e/ou negócios da firma. A principal delas é a necessidade de monitorar a emergência de novas tecnologias e absorver novos conhecimentos que evitem que suas competências se tornem obsoletas.

A condução de atividades de busca que modificam as rotinas das firmas tende a assumir dois caminhos principais: a exploração, pelo uso e ampliação dos conhecimentos pré-existentes, e a exploração, pela busca deliberada por novos conhecimentos. A literatura tradicional argumenta que a primeira estratégia costuma ser adotada em detrimento da segunda, dado que é vista como mais eficiente e menos custosa. Entretanto, as firmas tendem a equilibrar ambas as estratégias para evitar a *armadilha da busca local* e suas consequências.

A revisão da literatura demonstrou que grande parte dos esforços empíricos prévios se concentrou em examinar os efeitos da diversificação tecnológica no desempenho das firmas. Também é possível constatar esforços no sentido de tornar essa análise mais completa, que relacionaram a diversificação tecnológica a outras variáveis. Entretanto, a análise de como a diversificação é afetada pela busca por conhecimentos externos é relativamente escassa na literatura. Ademais, os estudos existentes são restritos a setores e localizações geográficas específicas, o que tende a dificultar a generalização dos resultados, além de pouco esclarecerem sobre como essas relações variam no tempo.

Esta tese argumenta que apesar dos importantes esforços empreendidos, os estudos existentes são pouco conclusivos e em sua grande maioria estudam essas relações apenas indiretamente. Desta forma, é possível identificar uma lacuna considerável nos estudos empíricos sobre os efeitos da busca por conhecimentos externos na diversificação tecnológica das firmas. Ademais, essa lacuna tem consequências importantes. Como a relação entre diversificação e busca pode ser percebida como um alicerce fundamental do arcabouço teórico da firma, é imprescindível que as abordagens apresentem evidências explícitas dessa relação, a fim de subsidiar os estudos sobre o tema, bem como direcionar novas linhas de investigação.

Esta tese procura lidar com essas limitações e preencher essa lacuna a partir do exame dos portfólios de firmas em tecnologias de mitigação das mudanças climáticas. Nessa tarefa, o primeiro desafio consiste em acessar uma fonte de dados que confronte as principais limitações identificadas. Para tanto, os dados de patentes constituem uma fonte privilegiada de acesso a informações sobre atividade tecnológica. A vantagem do uso de patentes é a sua abrangência e a possibilidade de análises que tenham como escopo um grupo variado de tecnologias. Os documentos de patentes contêm informações detalhadas sobre a descrição das tecnologias, os dados de seus proprietários e a relação entre prioridades e famílias.

Por conseguinte, o trabalho constituiu um banco de dados original com informações de documentos de patentes que possuem campos técnicos (IPC) classificados pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI) como *Tecnologias Ambientalmente Saudáveis* (TAS), conforme listado pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC). A partir do tratamento dessas informações, foi possível a análise do portfólio de patentes de 436 firmas, entre os anos 1990 e 2009, em 120 campos tecnológicos. Essas firmas estão localizadas em 23 países, atuam em 116 atividades econômicas e conduzem, sistematicamente, a busca tecnológica em 86 países/regiões em todo mundo. Essas características garantem a esta abordagem um escopo geográfico, setorial e temporal único.

O principal resultado dessa investigação é a comprovação empírica da existência de uma relação curvilínea em formato de “U” invertido entre as variáveis diversificação tecnológica e busca por conhecimento. Ao considerar a abrangência geográfica e temporal, esses resultados são apresentados de forma pioneira na literatura. Essa relação curvilínea é comprovada pela análise convencional de coeficientes de regressão, mas também pela realização de testes adicionais e análises gráficas sugeridos pela literatura.

A relação positiva entre busca exploratória e diversificação tecnológica corrobora estudos prévios. Entretanto, os resultados desta tese revelam que essa relação não se mantém em todos os contextos, e, por conseguinte, não cresce indefinidamente. Desta forma, a busca tecnológica contribui a uma taxa decrescente para a diversificação de competências até atingir um ponto máximo, a partir do qual passa a diminuir a uma taxa crescente.

É preciso reconhecer que as relações não lineares em formato de “U” invertido são resultados muito frequentes na literatura. No entanto, a evidência empírica de que a capacidade das firmas em conduzir processos de busca é capaz de determinar a sua diversificação nessas tecnologias, se for considerada a sua abrangência e a forma com que relaciona essas variáveis, constitui uma contribuição original para a literatura.

Sobre a taxa decrescente da diversificação a partir de determinado ponto da curva, esta tese advoga que se trata dos limites impostos pela capacidade de absorção *potencial* das firmas. Portanto, diferente da capacidade de absorção *realizada*, que está relacionada com a transformação e exploração para fins comerciais, a absorção *potencial* exerce um importante efeito na capacidade das firmas em adquirir e assimilar conhecimento gerado externamente.

A demonstração empírica da relação não linear dessas variáveis tem uma implicação pertinente para o debate na literatura sobre como as firmas lidam com a tensão permanente pelo equilíbrio entre a necessidade de manutenção de uma base de conhecimentos coerente e a construção de competências em variados campos tecnológicos. Essa tensão está intimamente relacionada ao reconhecimento dos limites que a capacidade de absorção potencial das firmas impõe à sua expansão tecnológica.

Os desdobramentos dessas evidências em termos de padrões de evolução entre as firmas e de passagem do tempo são igualmente importantes. Sobre a variável diversificação tecnológica, percebe-se que a sua variância entre as firmas (*between*) é maior que a variância entre os períodos (*within*). Esse resultado revela a existência de certo padrão temporal no grau de diversificação das firmas ao longo do tempo. Ao mesmo tempo, o perfil tecnológico é fortemente diferenciado entre as firmas. Já no caso da busca tecnológica, a variância entre os períodos (*within*) é superior à variância entre as firmas (*between*). Essas evidências mostram que existem transformações significativas nos padrões de busca tecnológica ao longo do tempo, e, ainda, que há um determinado nível de busca entre as firmas, independentemente de seu tamanho, setor ou localização.

Esses resultados também corroboram estudos prévios que contestam as visões de que a emergência de inovações é frequentemente associada a amplos processos de destruição de competências. Nesse sentido, os resultados alcançados são uma evidência importante de como as transformações e as discontinuidades em tecnologias de mudança climática podem ser conduzidas por firmas incumbentes e ainda assim produzir importantes transformações em diversos setores industriais.

Por fim, a tese apresenta algumas repercussões da análise da dinâmica tecnológica no contexto das mudanças climáticas, que podem ser divididas em dois grupos: i) a concentração da atividade tecnológica em três países principais, Japão, Alemanha e Estados Unidos, que, se comparada a estudos similares, é ainda mais significativa; e ii) a ampliação expressiva das famílias de patentes em países em desenvolvimento como Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul. Destaca-se a necessidade de que esses resultados sejam vistos com parcimônia, já que conceitualmente essas patentes são condições necessárias, mas não suficientes, para a efetiva transferência tecnológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERNATHY, W. J.; CLARK, K. B. Innovation: Mapping the winds of creative destruction. **Research Policy**, v. 14, n. 1, p. 3–22, 1985.

ACEMOGLU, D.; AGHION, P.; HÉMOUS, D. The environment and directed technical change in a North-South model. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 30, n. 3, p. 513–530, 2014.

ACOSTA, M.; CORONADO, D.; MARTÍNEZ, M. Á. Does technological diversification spur university patenting? **Journal of Technology Transfer**, 2015.

ADLER, P. S. et al. Perspectives on the Productivity Dilemma. **Journal of Operations Management**, v. 27, n. 2, p. 99–113, 2009.

AHUJA, G.; KATILA, R. Where do resources come from? The role of idiosyncratic situations. **Strategic Management Journal**, v. 25, n. 8–9, p. 887–907, 2004.

AHUJA, G.; LAMPERT, C. M. Entrepreneurship in the large corporation: A longitudinal study of how established firms create breakthrough inventions. **Strategic Management Journal**, v. 22, n. 6–7, p. 521–543, 2001.

ALIC, J. A.; MOWERY, D. C.; RUBIN, E. S. **U.S. technology and innovation polices: Lessons for Climate Change**. Arlington: Pew Center on Global Climate Change, 2003.

ALKEMADE, F. et al. Tracking the internationalization of multinational corporate inventive activity: National and sectoral characteristics. **Research Policy**, v. 44, n. 9, p. 1763–1772, 2015.

ALONSO-BORREGO, C.; FORCADELL, F. J. Related diversification and R&D intensity dynamics. **Research Policy**, v. 39, n. 4, p. 537–548, 2010.

AMIDON, J. M. America's Strategic Imperative, A "Manhattan Project" for Energy. **Joint Forces Quarterly**, v. 39, p. 68–77, 2005.

ANDERSON, P.; TUSHMAN, M. L. Technological Discontinuities and Dominant Designs : A Cyclical Model of Technological Change. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, n. 4,

p. 604–633, 1990.

ANSOFF, H. I. Strategies for Diversification. **Harvard Business Review**, v. 35, n. 5, p. 113–124, 1957.

ANSOFF, H. I. A Model for Diversification. **Management Science**, v. 4, n. 4, p. 392–414, 1958.

ARORA, A.; FOSFURI, A.; GAMBARDELLA, A. **Markets for technology: the economics of innovation and corporate strategy**. Cambridge, MA: MIT Press, 2001.

BAUM, C. F. Stata tip 63: Modeling proportions. **The Stata Journal**, v. 8, n. 2, p. 299–303, 2008.

BELL, M. International technology transfer, innovation capabilities and sustainable directions of development. In: **Low-carbon Technology Transfer: From Rhetoric to Reality**. Abingdon Oxfordshire: Routledge, 2012. p. 20–47.

BERGEK, A. et al. Technological discontinuities and the challenge for incumbent firms: Destruction, disruption or creative accumulation? **Research Policy**, v. 42, n. 6–7, p. 1210–1224, 2013.

BERNDT, E. R.; PINDYCK, R. S.; AZOULAY, P. Consumption externalities and Diffusion in Pharma markets: Antiulcer Drugs. **NBER Working Paper Series**, n. 7772, 2000.

BERRONE, P. et al. Necessity as the mother of “green” inventions: Institutional pressures and environmental innovations. **Strategic Management Journal**, v. 34, n. 8, p. 891–909, 2013.

BERRY, C. H. Corporate Growth and Diversification. **The Journal of Law & Economics**, v. 14, n. 2, p. 371–383, 1971.

BLIND, K.; PETERSEN, S. S.; RAUBER, J. Is Strategic Patenting still in vogue? A Reassessment of Motives to Patent a Decade after the Patent Peak. **DRUID Academy 2013**, p. 1–31, 2012.

BRESCHI, S.; LISSONI, F.; MALERBA, F. Knowledge-relatedness in firm technological

diversification. **Research Policy**, v. 32, n. 1, p. 69–87, 2003.

BRESCHI, S.; LISSONI, F.; MALERBA, F. The empirical assessment of firms' technological “coherence”: data and methodology. In: **The Economics and Management of Technological Diversification**. London: Routledge, 2004. p. 69–98.

BRESNAHAN, T. F.; TRAJTENBERG, M. General purpose technologies “Engines of growth”? **Journal of Econometrics**, v. 65, n. 1, p. 83–108, 1995.

BRUNNER, D. J. et al. Wellsprings of creation: How perturbation sustains exploration in mature organizations. **Harvard Business School Working Paper**, n. 09–011, 2009.

BRUNNERMEIER, S. B.; COHEN, M. A. Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 45, n. 2, p. 278–293, 2003.

BRUSONI, S.; PRENCIPE, A. Unpacking the black box of modularity: technologies, products and organization. **Industrial and Corporate Change**, v. 10, n. 1, p. 179–205, 2001.

BRUSONI, S.; PRENCIPE, A.; PAVITT, K. Knowledge specialization, organizational coupling, and the boundaries of the firm: why do firms know more than they make? **Administrative Science Quarterly**, v. 46, n. 4, p. 597–621, 2001.

CAMILLO, E. V. **As políticas de inovação da indústria de energia eólica: Uma análise do caso brasileiro com base no estudo de experiências internacionais. Tese (Doutorado)**. Campinas: Programa de Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica (DPCT). Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), 2013.

CANTWELL, J. A. Blurred Boundaries between Firms, and New Boundaries within (Large Multinational) Firms: The Impact of Decentralized Networks for Innovation. **Seoul Journal of Economics**, v. 26, n. 1, p. 1–32, 2013.

CANTWELL, J. A.; FAI, F. Firms as the source of innovation and growth: the evolution of technological competence. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 9, p. 331–366, 1999.

CANTWELL, J. A.; GAMBARDELLA, A.; GRANSTRAND, O. Technological and

corporate diversification. In: **The Economics and Management of Technological Diversification**. 1^a ed. London: Routledge, 2004. p. 1–17.

CARRILLO-HERMOSILLA, J.; DEL RÍO, P.; KÖNNÖLÄ, T. Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 10–11, p. 1073–1083, 2010.

CASSIMAN, B.; VEUGELERS, R. In Search of Complementarity in Innovation Strategy: Internal R & D and External Knowledge Acquisition. **Management Science**, v. 52, n. 1, p. 68–82, 2006.

CHANDLER, A. D. **Strategy and structure: chapters in the history of the industrial enterprise**. Cambridge, MA: MIT Press, 1962.

CHANG, K.-C. et al. Nonlinear Effect of Technological Diversification on the Corporate Patent Performance. **Journal of Applied Sciences**, v. 14, n. 3, p. 273–278, 2014.

CHEN, J. H.; JANG, S. L.; WEN, S. H. Measuring technological diversification: Identifying the effects of patent scale and patent scope. **Scientometrics**, v. 84, n. 1, p. 265–275, 2010.

CHEN, W.-R.; MILLER, K. D. Situational and institutional determinants of firms' R&D search intensity. **Strategic Management Journal**, p. 369–381, 2007.

CHEN, Y.-M.; YANG, D.-H.; LIN, F.-J. Does technological diversification matter to firm performance? The moderating role of organizational slack. **Journal of Business Research**, v. 66, n. 10, p. 1970–1975, 2013.

CHEN, Y. S.; CHANG, K. C. Using the entropy-based patent measure to explore the influences of related and unrelated technological diversification upon technological competences and firm performance. **Scientometrics**, v. 90, n. 3, p. 825–841, 2012.

CHEN, Y. S.; SHIH, C. Y.; CHANG, C. H. The effects of related and unrelated technological diversification on innovation performance and corporate growth in the Taiwan's semiconductor industry. **Scientometrics**, v. 92, n. 1, p. 117–134, 2012.

CHIU, Y. C. et al. Technological diversification, complementary assets, and performance.

Technological Forecasting and Social Change, v. 75, n. 6, p. 875–892, 2008.

CHIU, Y. C. et al. Technological scope: Diversified or specialized. **Scientometrics**, v. 82, n. 1, p. 37–58, 2010.

CHRISTENSEN, C. M.; ROSENBLOOM, R. S. Explaining the attacker's advantage: Technological paradigms, organizational dynamics, and the value network. **Research Policy**, v. 24, n. 2, p. 233–257, 1995.

COHEN, W. M. et al. R&D spillovers, patents and the incentives to innovate in Japan and the United States. **Research Policy**, v. 31, n. 8, p. 1349–1367, 2002.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. **Administrative science quarterly**, v. 35, n. 1, p. 128–152, 1990.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Innovation and Learning : The Two Faces of R & D. **The Economic Journal**, v. 99, n. 397, p. 569–596, 1989.

COHEN, W. M.; NELSON, R. R.; WALSH, J. P. Protecting their intellectual assets: Appropriability conditions and why U.S. manufacturing firms patent (or not). **Protecting their intellectual assets: Appropriability conditions and why U.S. manufacturing firms patent (or not)**, 2000.

CORRADINI, C.; BATTISTI, G.; DEMIRELY, P. Serial innovators in the UK: Does size matter? **Industrial and Corporate Change**, v. 25, n. 1, p. 23–47, 2016.

CORRADINI, C.; DE PROPRIIS, L. Beyond local search: Bridging platforms and inter-sectoral technological integration. **Research Policy**, 2016.

CORRADINI, C.; DEMIREL, P.; BATTISTI, G. Technological diversification within UK's small serial innovators. **Small Business Economics**, v. 47, n. 1, p. 163–177, 2016.

CORROCHER, N.; MALERBA, F.; MONTORBIO, F. Schumpeterian patterns of innovative activity in the ICT field. **Research Policy**, v. 36, n. 3, p. 418–432, 2007.

COSTANTINI, V.; MAZZANTI, M. On the green and innovative side of trade competitiveness? the impact of environmental policies and innovation on EU exports.

Research Policy, v. 41, n. 1, p. 132–153, 2012.

DE RASSENFOSSE, G. et al. The worldwide count of priority patents: A new indicator of inventive activity. **Research Policy**, v. 42, n. 3, p. 720–737, 2013.

DECHEZLEPRÊTRE, A. et al. **Invention and transfer of climate change mitigation technologies on a global scale: A study drawing on patent data**CERNA, Paris. Paris: [s.n.].

DECHEZLEPRÊTRE, A. **Invention and International Diffusion of Climate Change Mitigation Technologies: An Empirical Approach. Tese (Doutorado)**. Paris: Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2009.

DECHEZLEPRÊTRE, A. et al. Invention and transfer of climate change-mitigation technologies: A global analysis. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 5, n. 1, p. 109–130, 2011.

DECHEZLEPRÊTRE, A. Fast-Tracking “Green” Patent Applications: An Empirical Analysis. **Centre for Economic Performance**, n. 1197, p. 27, 2013.

DERNIS, H.; GUELLEC, D.; VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE, B. Using patent counts for cross-country comparisons of technology output. **The STI Review**, v. 27, 2001.

DIBIAGGIO, L.; NESTA, L. Patents Statistics, Knowledge Specialisation and the Organisation of Competencies. **Revue d'économie industrielle**, v. 110, n. 1, p. 103–126, 2005.

DIPESO, J. Sustainable engineering. **Environmental Quality Management**, v. 18, n. 3, p. 93–98, 2009.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, v. 11, n. 3, p. 147–162, 1982.

DOSI, G. The Nature of the Innovative Process. In: DOSI, G. et al. (Eds.). . **Technical Change and Economic Theory**. London: Pinter Publishers, 1988. p. 221–238.

DOSI, G.; NELSON, R. R.; WINTER, S. G. Introduction: The Nature and Dynamics of Organizational Capabilities. In: **The Nature and Dynamics of Organizational Capabilities**. 1^a ed. Oxford: Oxford University Press, 2001. p. 1–22.

DOSI, G.; TEECE, D. J.; CHYTRY, J. Understanding Industrial and Corporate Change: An Introduction. In: DOSI, G.; TEECE, D. J.; CHYTRY, J. (Eds.). . **Understanding Industrial and Corporate Change**. Oxford: Oxford University Press, 2004. p. 10–21.

DOWNING, P. B.; WHITE, L. J. Innovation in pollution control. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 13, n. 1, p. 18–29, 1986.

DU, J.; LU, J.; GUO, Y. Relationship between Technological Diversification of Social Network and Technological Innovation Performance: Empirical Evidence from China. **Science Technology & Society**, v. 20, n. 1, p. 60–88, 2015.

DUNN, S. Hydrogen futures: toward a sustainable energy system. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 27, p. 235–264, 2002.

DUNNING, J. H.; LUNDAN, S. M. **Multinational enterprises and the global economy**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2008.

DURÁN-ROMERO, G.; URRACA-RUIZ, A. Climate change and eco-innovation. A patent data assessment of environmentally sound technologies. **Innovation: Management, Policy and Practice**, v. 17, n. 1, p. 115–138, 2015.

ENGELSMAN, E. C.; VAN RAAN, A. F. J. A patent-based cartography of technology. **Research Policy**, v. 23, n. 1, p. 1–26, 1994.

EPO – EUROPEAN PATENT OFFICE. **EPO Worldwide Patent Statistical Database (EPO PATSTAT)**. Viena: EPO, 2012.

FABRIZIO, K. R. Absorptive capacity and the search for innovation. **Research Policy**, v. 38, n. 2, p. 255–267, 2009.

FEITOSA, P. H. A. **A transição tecnológica rumo à economia de baixo carbono: o papel da energia solar fotovoltaica. Dissertação (Mestrado)**. Vitória, ES: Universidade Federal

do Espírito Santo, 2010.

FEITOSA, P. H. A. Estrutura tecnológica e mudanças climáticas no Brasil: um estudo exploratório a partir de estatísticas de patentes. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 15, n. 1 jan/jun, p. 61–86, 2016.

FLEMING, L. Recombinant Uncertainty in Technological Search. **Management Science**, v. 47, n. 1, p. 117–132, 2001.

FLEMING, L.; SORENSON, O. Science as a map in technological search. **Strategic Management Journal**, v. 25, n. 8–9, p. 909–928, 2004.

FORAY, D.; MOWERY, D. C.; NELSON, R. R. Public R&D and social challenges: What lessons from mission R&D programs? **Research Policy**, v. 41, n. 10, p. 1697–1702, 2012.

FOSFURI, A.; TRIBÓ, J. A. Exploring the antecedents of potential absorptive capacity and its impact on innovation performance. **Omega**, v. 36, n. 2, p. 173–187, 2008.

FOSS, N. J.; CHRISTENSEN, J. F. Market-Process Approach Coherence to Corporate. **Managerial and Decision Economics**, n. 22, p. 213–226, 2001.

FOSTER, J.; METCALFE, S. **Evolution and economic complexity**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2004.

FRANSMAN, M. Information, knowledge vision and theories of the firm. **Industrial and Corporate Change**, v. 3, n. 3, p. 713–757, 1994.

FREEMAN, C. The greening of technology and models of innovation. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 53, n. 1, p. 27–39, 1996.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **The economics of industrial innovation**. Cambridge, MA: MIT Press, 1997.

FRENKEN, K.; HEKKERT, M.; GODFROIJ, P. R&D portfolios in environmentally friendly automotive propulsion: Variety, competition and policy implications. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 71, n. 5, p. 485–507, 2004.

FRIEDMAN, T. L. The Power of Green. **The New York Times**, 2007.

FRONDEL, M.; HORBACH, J.; RENNINGS, K. End-of-pipe or cleaner production? An empirical comparison of environmental innovation decisions across OECD countries. **Business Strategy and the Environment**, v. 16, n. 8, p. 571–584, 2007.

FUSSLER, C.; JAMES, P. **Driving eco-innovation: a breakthrough discipline for innovation and sustainability**. London: Pitman Publishing, 1996.

GAMBARDELLA, A.; TORRISI, S. Does technological convergence imply convergence in markets? Evidence from the electronics industry. **Research Policy**, v. 27, n. 5, p. 445–463, 1998.

GARCIA-VEGA, M. Does technological diversification promote innovation?: An empirical analysis for European firms. **Research Policy**, v. 35, n. 2, p. 230–246, 2006.

GAVETTI, G.; LEVINTHAL, D. Looking Forward and Looking Backward: Cognitive and Experiential Search. **Administrative Science Quarterly**, v. 45, n. 1, p. 113–137, 2000.

GEELS, F. W. Reconceptualising the co-evolution of firms-in-industries and their environments: Developing an inter-disciplinary Triple Embeddedness Framework. **Research Policy**, v. 43, n. 2, p. 261–277, 2014.

GEMBA, K.; KODAMA, F. Diversification dynamics of the Japanese industry. **Research Policy**, v. 30, n. 8, p. 1165–1184, 2001.

GILSING, V. et al. Network embeddedness and the exploration of novel technologies: Technological distance, betweenness centrality and density. **Research Policy**, v. 37, n. 10, p. 1717–1731, 2008.

GORT, M. **Diversification and Integration in American Industry**. 1^a ed. Princeton: Princeton University Press, 1962.

GRANSTRAND, O.; OSKARSSON, C. Technology Diversification in “MUL-TECH” Corporations. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 41, n. 4, p. 355–364, 1994.

GRANSTRAND, O.; PATEL, P.; PAVITT, K. Multi-Technology Corporations: Why they have “distributed” rather than “distinctive core” competencies. **California Management Review**, v. 39, n. 4, p. 8–25, 1997.

GREVE, H. R. A Behavioral Theory of R&D Expenditures and Innovations: Evidence from Shipbuilding. **The Academy of Management Journal**, v. 46, n. 6, p. 685–702, 2003.

GRILICHES, Z. Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. **Journal of Economic Literature**, v. 28, n. 4, p. 1661–1707, 1990.

GRIMPE, C.; SOFKA, W. Search patterns and absorptive capacity: Low- and high-technology sectors in European countries. **Research Policy**, v. 38, n. 3, p. 495–506, 2009.

GRIMPE, C.; SOFKA, W. Complementarities in the search for innovation—Managing markets and relationships. **Research Policy**, v. 45, n. 10, p. 2036–2053, 2016.

GROUP, G. N. D. **A Green New Deal**. London: New Economics Forum, 2008.

GUPTA, A. K. et al. The Interplay between Exploration and Exploitation Linked references are available on JSTOR for this article : THE INTERPLAY BETWEEN EXPLORATION AND EXPLOITATION. v. 49, n. 4, p. 693–706, 2006.

HAANS, R. F. J.; PIETERS, C.; HE, Z.-L. Thinking about U: Theorizing and testing U- and inverted U-shaped relationships in strategy research. **Academy of Management Journal**, v. 37, n. 7, p. 1177–1195, 2016.

HAGEDOORN, J.; CLOODT, M. Measuring innovative performance: Is there an advantage in using multiple indicators? **Research Policy**, v. 32, n. 8, p. 1365–1379, 2003.

HALL, B. H. A note on the bias in the herfindahl based on count data. **Revue d'économie industrielle**, v. 110, p. 149–156, 2005.

HALL, B. H.; JAFFE, A. B.; TRAJTENBERG, M. The NBER Patent Citations Data File: Lessons, Insights and Methodological Tools. **NBER Working Paper Series**, n. 8498, p. 1–74, 2001.

HALL, B. H.; JAFFE, A. B.; TRAJTENBERG, M. Market Value and Patent Citations. **The**

RAND Journal of Economics, v. 36, n. 1, p. 16–38, 2005.

HARHOFF, D.; SCHERER, F. M.; VOPEL, K. Citations, family size, opposition and the value of patent rights. **Research Policy**, v. 32, n. 8, p. 1343–1363, 2003.

HAŠČIČ, I. et al. Climate Policy and Technological Innovation and Transfer - an overview of trends and recent empirical results. **OECD Working Papers**, n. 30, p. 1–64, 2010.

HE, Z.-L.; WONG, P.-K. Exploration vs. Exploitation: An Empirical Test of the Ambidexterity Hypothesis. **Organization Science**, v. 15, n. 4, p. 481–494, 2004.

HELFAT, C. E. Evolutionary Trajectories Firm R & D in Petroleum. **Management Science**, v. 40, n. 12, p. 1720–1747, 1994.

HENDERSON, R.; COCKBURN, I. Scale, Scope and Spillovers: The Determinants of Research Productivity in the Pharmaceutical Industry. **NBER Working Paper Series**, NBER Working Paper Series. n. 4466, 1993.

HENDERSON, R. M.; CLARK, K. B. Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms. **Administrative Science Quarterly**, v. 35, n. 1, p. 9–30, 1990.

HODGSON, G. M. Competence and contract in the theory of the firm. **Journal of Economic Behavior and Organization**, v. 35, n. 2, p. 179–201, 1998.

HORBACH, J. Determinants of environmental innovation-New evidence from German panel data sources. **Research Policy**, v. 37, n. 1, p. 163–173, 2008.

HORBACH, J.; OLTRA, V.; BELIN, J. Determinants and Specificities of Eco-Innovations Compared to Other Innovations—An Econometric Analysis for the French and German Industry Based on the Community Innovation Survey. **Industry & Innovation**, v. 20, n. 6, p. 523–543, 2013.

HORBACH, J.; RAMMER, C.; RENNINGS, K. Determinants of eco-innovations by type of environmental impact - The role of regulatory push/pull, technology push and market pull. **Ecological Economics**, v. 78, p. 112–122, 2012.

HUANG, Y. F.; CHEN, C. J. The impact of technological diversity and organizational slack on innovation. **Technovation**, v. 30, n. 7–8, p. 420–428, 2010.

IPCC. **Climate Change: The IPCC Scientific Assessment (1990)**. Cambridge, Great Britain, New York, NY, USA and Melbourne, Australia: Cambridge University Press, 1990.

IPCC. **Climate change 1995: the science of climate change**. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, 1996.

IPCC. Summary for policymakers. In: HOUGHTON, J. T. et al. (Eds.). . **Climate change 2001: the scientific basis. Contribuição do working group I para o third assessment report do IPCC**. Cambridge, ed. [s.l.] Cambridge University Press, 2001.

IPCC. Summary for policymakers. In: SOLOMON, S., D. et al. (Eds.). . **Climate change 2007: the physical science basis. Contribuição do working group I para o fourth assessment report do IPCC**. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2007.

IPCC. Summary for Policymakers. In: STOCKER, T. F. et al. (Eds.). . **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014.

JACOBSON, M. Z. Cleaning the Air and Improving Health with Hydrogen Fuel-Cell Vehicles. **Science**, v. 308, n. 5730, p. 1901–1905, 2005.

JACQUEMIN, A. P.; BERRY, C. H. Entropy Measure of Diversification and Corporate Growth. **Journal of Industrial Economics**, v. 27, n. 4, p. 359–369, 1979.

JAFFE, A. B. Technological Opportunity and Spillovers of R & D: Evidence from Firms' Patents, Profits, and Market Value. **The American Economic Review**, v. 76, n. 5, p. 984–1001, 1986.

JAFFE, A. B. Characterizing the “Technological Position” of Firms, with Application to Quantitative Technological Opportunity and Research Spillovers. **Research Policy**, v. 18, n. 1, p. 984–1001, 1989.

JAFFE, A. B.; NEWELL, R. G.; STAVINS, R. N. A tale of two market failures: Technology and environmental policy. **Ecological Economics**, v. 54, n. 2–3, p. 164–174, 2005.

JAFFE, A. B.; PALMER, K. Environmental regulation and innovation: a panel data study. **Review of economics and statistics**, v. 79, n. 4, p. 610–619, 1997.

JAFFE, A. B.; STAVINS, R. N. Dynamic Incentives of Environmental Regulations: The Effects of Alternative Policy Instruments on Technology Diffusion. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 29, n. 3, p. S43–S63, 1995.

JANSEN, J. J. P.; VAN DEN BOSCH, F. A. J.; VOLBERDA, H. W. Managing potential and realized absorptive capacity: How do organizational antecedents matter? **Academy of Management Journal**, v. 48, n. 6, p. 999–1015, 2005.

JIANG, L.; TAN, J.; THURSBY, M. Incumbent firm invention in emerging fields: Evidence from the semiconductor industry. **Strategic Management Journal**, v. 32, p. 55–75, 2010.

JONES, C. I. Sources of U.S. Economic Growth in a World of Ideas. **The American Economic Review**, v. 92, n. 1, p. 220–239, 2002.

JONES, C. I.; WILLIAMS, J. C. Measuring the Social Return to R&D. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 113, n. 4, p. 1119–1135, 1998.

KAMIEN, M. I.; SCHWARTZ, N. L. Market structure and innovation: A survey. **Journal of economic literature**, v. 13, n. 1, p. 1–37, 1975.

KANG, B.; TARASCONI, G. PATSTAT revisited: Suggestions for better usage. **World Patent Information**, v. 46, p. 56–63, 2016.

KATILA, R.; GAUTAM AHUJA. Something Old, Something New: A Longitudinal Study of Search Behavior and New Product Introduction. **Academy of Management**, v. 45, n. 6, p. 1183–1194, 2002.

KATZ, R.; ALLEN, T. Investigating the Not Invented Here syndrome: a look at the performance, tenure and communication patterns of 50 R&D project groups. **R&D Management**, v. 12, n. 1956, p. 7–19, 1982.

KEMP, R. The transition from hydrocarbons. The issues for policy. In: **Models of Sustainable Development**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 1996. p. 151–175.

KEMP, R.; PEARSON, P. **Final report MEI project about measuring eco-innovation**. Maastricht: UM-MERIT, 2007.

KEMP, R.; SOETE, L. The Greening of Technological Progress: An Evolutionary Perspective. **Futures**, v. 24, n. 5, p. 437–457, 1992.

KESIDOU, E.; DEMIREL, P. On the drivers of eco-innovations: Empirical evidence from the UK. **Research Policy**, v. 41, n. 5, p. 862–870, 2012.

KIM, J.; LEE, C. Y.; CHO, Y. Technological diversification, core-technology competence, and firm growth. **Research Policy**, v. 45, n. 1, p. 113–124, 2016.

KLEVORICK, A. K. et al. Policy in Technological Opportunities. **Research in Economics**, v. 24, p. 185–205, 1995.

KNUDSEN, T.; LEVINTHAL, D. A. Two Faces of Search: Alternative Generation and Alternative Evaluation. **Organization Science**, v. 18, n. 1, p. 39–54, 2007.

KODAMA, F. Technological Diversification of Japanese Industry Author(s): **Science**, v. 233, n. 4761, p. 291–296, 1986.

KRAMMER, S. M. S. The role of diversification profiles and dyadic characteristics in the formation of technological alliances: Differences between exploitation and exploration in a low-tech industry. **Research Policy**, v. 45, n. 2, p. 517–532, 2016.

LAI, H. C. et al. Technological diversification and organizational divisionalization: The moderating role of complementary assets. **British Journal of Management**, v. 21, n. 4, p. 983–995, 2010.

LANE, E. L. Building the Global Green Patent Highway: A Proposal For International Harmonization of Green Technology Fast Track Programs. **Berkeley Technology Law Journal**, v. 27, n. 2, p. 1119–1170, 2012.

LANE, P. J.; KOKA, B. R.; PATHAK, S. The reification of absorptive capacity: A critical

review and rejuvenation of the construct. **Academy of Management Review**, v. 31, n. 4, p. 833–863, 2006.

LANGLOIS, R. N. Modularity in technology and organization. **Journal of Economic Behavior and Organization**, v. 49, n. 1, p. 19–37, 2002.

LANJOUW, J. O.; MODY, A. Innovation and the international diffusion of environmentally responsive technology 1. **Research Policy**, v. 25, n. 4, p. 549–571, 1996.

LATIF, A. A. The UNEP–EPO–ICTSD Study on Patents and Clean Energy. In: OCKWELL, D. G.; MALLETT, A. (Eds.). . **Low-Carbon Technology Transfer From Rhetoric to Reality**. Abingdon: Routledge, 2012. p. 87–104.

LAURSEN, K. Keep searching and you'll find: What do we know about variety creation through firms' search activities for innovation? **Industrial and Corporate Change**, v. 21, n. 5, p. 1181–1220, 2012.

LAURSEN, K.; LEONE, M. I.; TORRISI, S. Technological exploration through licensing: New insights from the licensee's point of view. **Industrial and Corporate Change**, v. 19, n. 3, p. 871–897, 2010.

LAURSEN, K.; SALTER, A. Open for innovation: The role of openness in explaining innovation performance among U.K. manufacturing firms. **Strategic Management Journal**, v. 27, n. 2, p. 131–150, 2006.

LAVIE, D.; STETTNER, U.; TUSHMAN, M. L. Exploration and Exploitation Within and Across Organizations. **Academy of Management Annals**, v. 4, n. 1, p. 109–155, 2010.

LETEN, B.; BELDERBOS, R.; VAN LOOY, B. Technological diversification, coherence, and performance of firms. **Journal of Product Innovation Management**, v. 24, n. 6, p. 567–579, 2007.

LEVINTHAL, D. A.; MARCH, J. G. the Myopia of Learning. **Strategic Management Journal**, v. 14, p. 95–112, 1993.

LIN, C.; CHANG, C. C. The effect of technological diversification on organizational

performance: An empirical study of S&P 500 manufacturing firms. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 90, n. PB, p. 575–586, 2015.

LIND, J. T.; MEHLUM, H. With or without u ? the appropriate test for a U-shaped relationship. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, v. 72, n. 1, p. 109–118, 2010.

MACDONALD, J. M. R & D and the Directions of Diversification. **The Review of Economics and Statistics**, v. 67, n. 4, p. 583–590, 1985.

MALERBA, F.; ORSENIGO, L. Technological regimes and firm behaviour. **Industrial and Corporate Change**, v. 19, n. 1, p. 45–71, 1993.

MARCH, J. G. Exploration and Exploitation in Organizational Learning. **Organization Science**, v. 2, n. 1, p. 71–87, fev. 1991.

MAS-COLELL, A.; WHINSTON, M. D.; GREEN, J. R. **Microeconomic theory**. New York, NY: Oxford University Press, 1995.

MAZZUCATO, M. From market fixing to market-creating: a new framework for innovation policy. **Industry and Innovation**, v. 23, n. 2, p. 140–156, 2016.

MICHAELSON, J. Geoengineering: A Climate Change Manhattan Project. **Stanford Environmental Law Review**, v. 17, p. 73, 1998.

MILGROM, P.; ROBERTS, J. The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy, and Organization. **American Economic Review**, v. 80, n. 3, p. 511–528, 1990.

MILLER, D. J. Technological diversity, related diversification, and firm performance. **Strategic Management Journal**, v. 27, n. 7, p. 601–619, 2006.

MILLIMAN, S. R.; PRINCE, R. Firm incentives to promote technological change in pollution control. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 17, n. 3, p. 247–265, 1989.

MONTGOMERY, C. A. The Measurement of Firm Diversification: Some New Empirical Evidence. **Academy of Management Journal**, v. 25, n. 2, p. 299–307, 1982.

MOWERY, D. C.; NELSON, R. R.; MARTIN, B. R. Technology policy and global warming: Why new policy models are needed (or why putting new wine in old bottles won't work). **Research Policy**, v. 39, n. 8, p. 1011–1023, 2010.

MOWERY, D. C.; OXLEY, J. E.; SILVERMAN, B. . Strategic Alliances and Interfirm Knowledge Transfer. **Strategic Management Journal**, v. 17, n. Winter Special Issue, p. 77–91, 1996.

NELSON, R. R. Why Do Firms Differ, and How Does it Matter? **Strategic Management Journal**, v. 12, n. Special Issue: Fundamental Research Issues, p. 61–74, 1991.

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

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. Evolutionary Theorizing in Economics. **Journal of Economic Perspectives**, v. 16, n. 2, p. 23–46, 2002.

NERKAR, A. Old Is Gold? The Value of Temporal Exploration in the Creation of New Knowledge. **Management Science**, v. 49, n. 2, p. 211–229, 2003.

NERKAR, A.; ROBERTS, P. W. Technological and product-market experience and the success of new product introductions in the pharmaceutical industry. **Strategic Management Journal**, v. 25, n. 89, p. 779–799, 2004.

NESTA, L.; SAVIOTTI, P. P. Coherence of the Knowledge Base and the Firm's Innovative Performance: Evidence from the U.S. Pharmaceutical Industry. **The Journal of Industrial Economics**, v. 53, n. 1, p. 123–142, 2005.

NORDHAUS, W. D. **A question of balance: weighing the options on global warming policies**. New Haven, EUA: Yale University Press, 2008.

OCKWELL, D. G. et al. Intellectual property rights and low carbon technology transfer: Conflicting discourses of diffusion and development. **Global Environmental Change**, v. 20, n. 4, p. 729–738, 2010.

OECD. **OECD Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological**

Innovation Data – Oslo-Manual. Paris: OECD: Eurostat, 1997.

OECD. **Oslo Manual Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data.** 3. ed. Paris, Luxemburg: OECD (Organization of Economic Cooperation and Development) and EUROSTAT (European Statistical Office), 2005.

OECD. **Eco-innovation in industry : enabling green growth.** Paris: OECD, 2009a.

OECD. **OECD Patent Statistics Manual.** Paris: OECD Publishing, 2009b.

OECD. **OECD Science, Technology and Industry Outlook 2014.** Paris: OECD Publishing, 2014.

OLTRA, V. Environmental innovations: indicators, stylised facts and sectoral analyses. **DIME Working Package**, DIME Working Papers. n. 25, p. 1–31, 2008.

OLTRA, V.; KEMP, R.; VRIES, F. P. DE. Patents as a measure for eco-innovation. **International Journal of Environmental Technology and Management**, v. 13, n. 2, p. 130, 2010.

ORBIS. **Orbis Database.** [Online]. Bureau van Dijk (BvDEP), , 2013.

PALEPU, K. Diversification Strategy, Profit Performance and the Entropy. **Strategic Management Journal**, v. 6, n. 3, p. 239–255, jul. 1985.

PANZAR, J. C.; WILLIG, R. D. Economies of Scope. **American Economic Review**, v. 71, n. 2, p. 268–272, 1981.

PAPKE, L. E.; WOOLDRIDGE, J. M. Econometric methods for fractional response variables with an application to 401 (K) plan participation rates. **Journal of Applied Econometrics**, v. 11, n. 6, p. 619–632, 1996.

PATEL, P. R.; PAVITT, K. The technological competencies of the world's largest firms: Complex and path-dependent, but not much variety. **Research Policy**, v. 26, n. 2, p. 141–156, 1997.

PAVITT, K. Uses and abuses of patent statistics. In: **Handbook of Quantitative Studies of**

Science and Technology. Amsterdam: North-Holland, 1988.

PAVITT, K. Technologies, Products and Organization in the Innovating Firm: What Adam Smith Tells Us and Joseph Schumpeter Doesn't. **Industrial and Corporate Change**, p. 433–452, 1998.

PAVITT, K.; ROBSON, M.; TOWNSEND, J. Technological Accumulation, Diversification and Organisation in UK Companies, 1945-1983. **Management Science**, v. 35, n. 1, p. 81–99, 1989.

PENROSE, E. T. **The theory of the growth of the firm**. 4^a ed. Oxford: Oxford University Press, 2009.

PHENE, A.; FLADMOE-LINDQUIST, K.; MARSH, L. Breakthrough innovations in the U.S. biotechnology industry: The effects of technological space and geographic origin. **Strategic Management Journal**, v. 27, n. 4, p. 369–388, 2006.

PICCI, L.; SAVORELLI, L. Internationalized R & D Activities and Technological Specialization: An Analysis of Patent Data. **SSRN Electronic Journal**, 2012.

PISCITELLO, L. Relatedness and coherence in technological and product diversification of the world's largest firms. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 11, n. 3, p. 295–315, 2000.

PISCITELLO, L. Corporate diversification, coherence and economic performance. **Industrial and Corporate Change**, v. 13, n. 5, p. 757–787, 2004.

PITTS, R. A.; HOPKINS, H. D. Firm Diversity: Conceptualization and Measurement. **The Academy of Management Review**, v. 7, n. 4, p. 620–629, 1982.

POPP, D. Induced Innovation and Energy Prices. **American Economic Review**, v. 92, n. 1, p. 160–180, 2002.

POPP, D.; HAFNER, T.; JOHNSTONE, N. Environmental policy vs. public pressure: Innovation and diffusion of alternative bleaching technologies in the pulp industry. **Research Policy**, v. 40, n. 9, p. 1253–1268, 2011.

PORTER, M. E. America's green strategy. **Scientific American**, v. 264, n. 4, p. 168, 1991.

PORTER, M. E.; VAN DER LINDE, C. Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 9, n. 4, p. 97–118, 1995.

PORTO, G. S.; KANNEBLEY JÚNIOR, S. **Rotas tecnológicas e sistemas de inovação (Relatório Final). Economia de Baixo Carbono: Avaliação de Impactos de Restrições e Perspectivas Tecnológicas**. Rio de Janeiro: BNDES, 2012.

QUINTANA-GARCÍA, C.; BENAVIDES-VELASCO, C. A. Innovative competence, exploration and exploitation: The influence of technological diversification. **Research Policy**, v. 37, n. 3, p. 492–507, 2008.

RAHKO, J. Internationalization of corporate R&D activities and innovation performance. **Industrial and Corporate Change**, v. 25, n. 6, 2016.

RAMANUJAM, V.; VARADARAJAN, P. Research on Corporate Diversification: A Synthesis. **Strategic Management Journal**, v. 10, n. 6, p. 523–551, 1989.

READ, P.; LERMIT, J. Bio-energy with carbon storage (BECS): A sequential decision approach to the threat of abrupt climate change. **Energy**, v. 30, n. 14, p. 2654–2671, 2005.

RENNINGS, K. Redefining innovation—eco-innovation research and the contribution from ecological economics. **Ecological economics**, v. 32, n. 2, p. 319–332, 2000.

RIBEIRO, S. P.; MENGHINELLO, S.; DE BACKER, K. The OECD ORBIS Database: Responding to the Need for Firm-Level Micro-Data in the OECD. **OECD Statistics Working Papers**, n. 2010/1, 2010.

ROSENKOPF, L.; ALMEIDA, P. Overcoming Local Search Through Alliances and Mobility. **Management Science**, v. 49, n. 6, p. 751–766, 2003.

ROSENKOPF, L.; NERKAR, A. Beyond local search: Boundary-spanning, exploration, and impact in the optical disk industry. **Strategic Management Journal**, v. 22, n. 4, p. 287–306, 2001.

ROTHAERMEL, F. T.; ALEXANDRE, M. T. Ambidexterity in Technology Sourcing: The Moderating Role of Absorptive Capacity. **Organization Science**, v. 20, n. 4, p. 759–780, 2009.

RUMELT, R. P. **Strategy, structure, and economic performance**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1974.

SCHERER, F. M. Inter-industry technology flows in the United States. **Research Policy**, v. 11, n. 4, p. 227–245, 1982.

SCHMOOKLER, J. The Interpretation of Patent Statistics. **Journal of the Patent Office Society**, v. 32, n. 2, p. 123–146, 1950.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalism, Socialism and Democracy**. London: George Allen & Unwin, 1943.

SCHUMPETER, J. A.; OPIE, R.; ELLIOTT, J. E. **The theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle**. New Brunswick: Transaction Publishers, 1934.

SCOTT, J. T. **Purposive Diversification and Economic Performance**. 1^a ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

SIDHU, J. S.; COMMANDEUR, H. R.; VOLBERDA, H. W. The Multifaceted Nature of Exploration and Exploitation: Value of Supply, Demand, and Spatial Search for Innovation. **Organization Science**, v. 18, n. 1, p. 20–38, 2007.

SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. Cambridge, MA: MIT Press, 1996.

SIMON, H. A. **Models of Bounded Rationality, Volume 3**. Cambridge, MA, and London, UK: MIT Press, 1997.

SOMAYA, D.; TEECE, D. J. Patents, Licensing, and Entrepreneurship: Effectuating Innovation in Multi-invention Contexts. In: **The transfer and licensing of know-how and intellectual property : understanding the multinational enterprise in the modern world**. 1^a ed. Singapore; London: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2008. p. 287–314.

SOMERVILLE, C. The Billion-Ton Biofuels Vision. **Science**, v. 312, n. 5778, p. 1277–1277, 2006.

SORRELL, S. The rebound effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency. **UK Energy Research Centre**, 2007.

STERN, N. The economics of climate change. **American Economic Review**, v. 98, n. 2, p. 1–37, 2008.

STIGLER, G. J. **The organization of industry**. Chicago: University of Chicago Press, 1983.

STIRLING, A. On the Economics and Analysis of Diversity. **SPRU Electronic Working Paper**, n. 28, p. 141, 1998.

STUART, T. E.; PODOLNY, J. M. Local search and the evolution of technological capabilities. **Strategic Management Journal**, v. 17, p. 21–38, 1996.

TEECE, D. J. Economies of scope and the scope of the enterprise. **Journal of Economic Behavior & Organization**, v. 1, n. 3, p. 223–247, 1980.

TEECE, D. J. Towards an economic theory of the multiproduct firm. **Journal of Economic Behavior & Organization**, p. 39–62, 1982.

TEECE, D. J. et al. Understanding corporate coherence: Theory and evidence. **Journal of Economic Behavior and Organization**, v. 23, p. 1–30, 1994.

THOMSON, R. D.; NELSON, R. R. The Internationalization of Technology, 1874-1929: evidence from US, British and German patent experience. **The Journal of Economic History**, v. 57, n. 2, p. 514–514, 1997.

TORRISI, S.; GRANSTRAND, O. Technological and business diversification: A survey of theories and empirical evidence. In: **The Economics and Management of Technological Diversification**. 1^a ed. London: Routledge, 2004. p. 21–68.

TRIPSAS, M.; GAVETTI, G. Capabilities, Cognition, and Inertia: Evidence from digital imaging. **Strategic Management Journal**, v. 21, n. 10, p. 1147–1161, 2000.

TUSHMAN, M. L.; ANDERSON, P. Technological Discontinuities and Organizational Environments. **Administrative Science Quarterly**, v. 31, n. 3, p. 439–465, 1986.

TUSHMAN, M. L.; O'REILLY, C. A. The Ambidextrous Organizations: Managing Evolutionary and Revolutionary Change. **California Management Review**, v. 38, n. 4, p. 8–30, 1996.

UNEP. Patents and clean energy: bridging the gap between evidence and policy. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 22, n. 2, mar. 2011.

URRACA-RUIZ, A.; DURÁN-ROMERO, G. World Technological Competences Captured by Multinationals in Environmental Technology. **Transnational Corporations Review**, v. 5, n. 2, p. 295–308, 2013.

VEEFKIND, V. et al. A new EPO classification scheme for climate change mitigation technologies. **World Patent Information**, v. 34, n. 2, p. 106–111, 2012.

VERMEULEN, F.; BARKEMA, H. Learning through Acquisitions. **The Academy of Management Journal**, v. 44, n. 3, p. 457–476, 2001.

VERSPAGEN, B. Measuring Intersectoral Technology Spillovers: Estimates from the European and US Patent Office Databases. **Economics Systems Research**, v. 9, n. 1, p. 47–65, 28 mar. 1997.

VEUGELERS, R. Which policy instruments to induce clean innovating? **Research Policy**, v. 41, n. 10, p. 1770–1778, 2012.

WANG, Q.; VON TUNZELMANN, N. Complexity and the functions of the firm: breadth and depth. **Research Policy**, v. 29, p. 805–818, 2000.

WANG, Y. et al. Does technological diversification matter for regional innovation capability? Evidence from China. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 28, n. 3, p. 323–334, 2016.

WANG, Y.; NING, L.; PREVEZER, M. Technological diversification in China from 1986 to 2011: Evidence from patent data. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 99, p.

54–66, 2015.

WILLIG, R. D. Multiproduct Technology and Market Structure. **American Economic Review**, v. 69, n. 2, p. 346–351, 1979.

WINTER, S. G. Schumpeterian competition in alternative technological regimes. **Journal of Economic Behavior and Organization**, v. 5, n. 3–4, p. 287–320, 1984.

YAN, B.; LUO, J. Measuring Technological Distance for Patent Mapping. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, v. 68, n. 2, p. 423–437, 2017.

ZAHRA, S. A.; GEORGE, G. Absorptive Capacity : a Review, and Extension. **Academy of Management Review**, v. 27, n. 2, p. 185–203, 2002.

ZANDER, I. Technological diversification in the multinational corporation—historical evolution and future prospects. **Research Policy**, v. 26, n. 2, p. 209–227, 1997.

ANEXO 1 – RELAÇÃO DOS GRUPOS DE TECNOLOGIAS

ID	Descrição
1	Alternative irrigation techniques
2	Bio-fuels – Biogas
3	Bio-fuels – From genetically engineered organisms
4	Bio-fuels – Liquid fuels
5	Bio-fuels – Solid fuels
6	Carbon/emissions trading, e.g. pollution credits
7	Commuting, e.g., HOV, teleworking, etc.
8	Consuming waste by combustion
9	Cosmonautic vehicles using solar energy
10	Devices for producing mechanical power from muscle energy
11	Forestry techniques
12	Fuel cells – Electrodes
13	Fuel cells – Non-active parts
14	Fuel cells – Within hybrid cells
15	Fuel cells – Not specified
16	Gas turbine power plants using heat source of nuclear origin
17	Geothermal energy – Production of mechanical power from geothermal energy
18	Geothermal energy – Use of geothermal heat
19	Harnessing energy from manmade waste – Agricultural waste
20	Harnessing energy from manmade waste – Chemical waste
21	Harnessing energy from manmade waste – Gasification
22	Harnessing energy from manmade waste – Hospital waste
23	Harnessing energy from manmade waste – Industrial waste
24	Harnessing energy from manmade waste – Landfill gas
25	Harnessing energy from manmade waste – Municipal waste
26	Hydro energy – Machines or engines for liquids
27	Hydro energy – Propulsion of marine vessels using energy derived from water movement
28	Hydro energy – Regulating, controlling or safety means of machines or engines
29	Hydro energy – Water-power plants
30	Integrated gasification combined cycle (IGCC)
31	Low energy lighting – Electroluminescent light sources (e.g. LEDs, OLEDs, PLEDs)
32	Marine vessel propulsion – Propulsion by muscle power
33	Marine vessel propulsion – Propulsion by wind-powered motors
34	Marine vessel propulsion – Propulsion derived from nuclear energy
35	Marine vessel propulsion – Propulsion using energy derived from water movement
36	Marine vessel propulsion – Propulsive devices directly acted on by wind
37	Measurement of electricity consumption
38	Nuclear engineering – Fusion reactors
39	Nuclear engineering – Nuclear (fission) reactors
40	Nuclear engineering – Nuclear power plant
41	Nuclear engineering – Not specified
42	Ocean thermal energy conversion (OTEC)
43	Other production or use of heat, not derived from combustion, e.g. natural heat – Air or water heaters using heat pumps
44	Other production or use of heat, not derived from combustion, e.g. natural heat – Heat pumps
45	Other production or use of heat, not derived from combustion, e.g. natural heat – Heat pumps in central heating systems using heat accumulated in storage masses
46	Other production or use of heat, not derived from combustion, e.g. natural heat – Heat pumps in domestic hot-water supply systems
47	Other production or use of heat, not derived from combustion, e.g. natural heat – Heat pumps in other domestic- or space-heating systems
48	Other production or use of heat, not derived from combustion, e.g. natural heat – Not specified
49	Pesticide alternatives
50	Pollution control – Air quality management
51	Pollution control – Carbon capture and storage
52	Pollution control – Control of water pollution
53	Pollution control – Means for preventing radioactive contamination in the event of reactor leakage

ID	Descrição
54	Power supply circuitry – With power saving modes
55	Power supply circuitry – Not specified
56	Pyrolysis or gasification of biomass
57	Rail vehicles – Drag reduction
58	Recovering mechanical energy – Chargeable mechanical accumulators in vehicles
59	Recovering mechanical energy – Not specified
60	Reuse of waste materials – Manufacture of articles from waste metal particles
61	Reuse of waste materials – Production of fertilisers from waste or refuse
62	Reuse of waste materials – Production of hydraulic cements from waste materials
63	Reuse of waste materials – Recovery or working-up of waste materials
64	Reuse of waste materials – Use of rubber waste in footwear
65	Reuse of waste materials – Use of waste materials as fillers for mortars, concrete
66	Reuse of waste materials – Not specified
67	Soil improvement – Organic fertilisers derived from waste
68	Soil improvement – Not specified
69	Solar energy – Hybrid solar thermal-PV systems
70	Solar energy – Photovoltaics (PV)
71	Solar energy – Producing mechanical power from solar energy
72	Solar energy – Propulsion of vehicles using solar power
73	Solar energy – Refrigeration or heat pump systems using solar energy
74	Solar energy – Roof covering aspects of energy collecting devices
75	Solar energy – Solar concentrators
76	Solar energy – Solar ponds
77	Solar energy – Steam generation using solar heat
78	Solar energy – Use of solar energy for drying materials or objects
79	Solar energy – Use of solar heat
80	Static structure design
81	Storage of electrical energy
82	Storage of thermal energy
83	Thermal building insulation, in general – Insulating building elements
84	Thermal building insulation, in general – Not specified
85	Treatment of waste – Disinfection or sterilisation
86	Treatment of waste – Mechanical treatment of waste paper
87	Treatment of waste – Reclamation of contaminated soil
88	Treatment of waste – Refuse separation
89	Treatment of waste – Treating radioactively contaminated material; decontamination arrangements therefor
90	Treatment of waste – Treatment of hazardous or toxic waste
91	Using waste heat – Arrangements for using waste heat from furnaces, kilns, ovens or retorts
92	Using waste heat – As source of energy for refrigeration plants
93	Using waste heat – Energy recovery in air conditioning
94	Using waste heat – For steam generation by exploitation of the heat content of hot heat carriers
95	Using waste heat – For treatment of water, waste water or sewage
96	Using waste heat – Of combustion engines
97	Using waste heat – Of gasification plants
98	Using waste heat – Of gas-turbine plants
99	Using waste heat – Of steam engine plants
100	Using waste heat – Recovery of waste heat in paper production
101	Using waste heat – Recuperation of heat energy from waste incineration
102	Using waste heat – Regenerative heat-exchange apparatus
103	Using waste heat – To produce mechanical energy
104	Vehicles in general – Brushless motors
105	Vehicles in general – Charging stations for electric vehicles
106	Vehicles in general – Combustion engines operating on gaseous fuels, e.g. hydrogen
107	Vehicles in general – Electric propulsion with power supply external to vehicle
108	Vehicles in general – Electric propulsion with power supply from force of nature, e.g. sun, wind
109	Vehicles in general – Electromagnetic clutches
110	Vehicles in general – Hybrid vehicles, e.g. Hybrid Electric Vehicles (HEVs)
111	Vehicles in general – Power supply from force of nature, e.g. sun, wind
112	Vehicles in general – Regenerative braking systems

ID	Descrição
113	Vehicles other than rail vehicles – Drag reduction
114	Vehicles other than rail vehicles – Human-powered vehicle
115	Waste disposal
116	Wind energy – Propulsion of marine vessels by wind-powered motors
117	Wind energy – Propulsion of vehicles using wind power
118	Wind energy – Structural aspects of wind turbines
119	Wind energy – Structural association of electric generator with mechanical driving motor
120	Wind energy – Not specified

Fonte: *IPC Green Inventory*. Elaboração própria. Disponível em: <<http://www.wipo.int/classifications/ipc/en/est/>>. Acesso em: 20 Ago. 2013.

ANEXO 2 – RELAÇÃO DAS EMPRESAS

Nome da empresa (Orbis)	País	Nace
3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY	US	3250
AB VOLVO	SE	2910
ABB FLAECT GMBH	DE	ND
ABB IMMOBILIEN AG	CH	6831
ABB PATENT GESELLSCHAFT MIT BESCHRAENKTER HAFTUNG	DE	2711
ABB RESEARCH LTD	CH	7219
ABB TECHNOLOGY AG	CH	7740
ACCENTURE GLOBAL SERVICES GMBH	CH	6910
ADVANCED MICRO DEVICES INC	US	2611
ADVANCED OPTOELECTRONIC TECHNOLOGY INC.	TW	2611
ADVANCED SEMICONDUCTOR ENGINEERING INC	TW	2611
ADVANTEST CORPORATION	JP	2651
AGILENT TECHNOLOGIES INC	US	2651
AIR PRODUCTS & CHEMICALS INC	US	2011
AIRBUS OPERATIONS GMBH	DE	3030
AISIN AW CO.,LTD.	JP	2932
AISIN SEIKI CO LTD	JP	2932
AJINOMOTO COMPANY INC	JP	1089
ALCATEL-LUCENT S.A.	FR	6190
ALCATEL-LUCENT USA INC.	US	2630
ALPINE ELECTRONICS INC	JP	2640
ALPS ELECTRIC CO LTD	JP	2611
ALSTOM POWER TECHNOLOGY LTD	CH	ND
ALSTOM S.A.	FR	7112
AMADEUS	FR	6202
AMERICAN CYANAMID CO	US	ND
AMERICAN EXPRESS TRAVEL RELATED SERVICES	US	ND
ANDO ELECTRIC CO LTD	JP	2651
ANTIG TECHNOLOGY CO., LTD.	TW	ND
APPLIED MATERIALS INC	US	2611
AREVA GMBH	DE	7112
ARKEMA FRANCE	FR	2014
ASEA AB	SE	ND
ASIA PACIFIC FUEL CELL TECHNOLOGIES, LTD.	TW	2720
AT&T CORP.	US	6190
AU OPTRONICS CORPORATION	TW	2611
AUDI AG	DE	2910

Nome da empresa (Orbis)	País	Nace
AVAGO TECHNOLOGIES ECBU IP (SINGAPORE) PTE LTD	SG	ND
AVL LIST GMBH	AT	7210
BAKER HUGHES INC	US	2899
BALLARD POWER SYSTEMS AG	DE	ND
BALLARD POWER SYSTEMS INC	CA	2611
BANK OF AMERICA CORP	US	6419
BASF CORP US	US	2030
BASF SE	DE	2059
BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE	US	7211
BAYER AG	DE	2120
BAYER AGRICULTURE LIMITED	GB	7010
BAYER CROPSCIENCE AKTIENGESELLSCHAFT	DE	2014
BAYER CROPSCIENCE DEUTSCHLAND GMBH	DE	4675
BAYER PHARMA AKTIENGESELLSCHAFT	DE	2110
BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG	DE	2910
BELL LABORATORIES INC	US	2229
BETZ LABORATORIES	US	2790
BLACKBERRY LIMITED	CA	2630
BOC GROUP INC	US	ND
BOEING CO	US	3030
BP CHEMICALS LIMITED	GB	2013
BP EXPLORATION OPERATING COMPANY LIMITED	GB	0610
BRITISH TELECOMMUNICATIONS PUBLIC LIMITED COMPANY	GB	6190
BROTHER INDUSTRIES LTD	JP	2751
BSH HAUSGERAETE GMBH	DE	2751
BWX TECHNOLOGIES INC	US	2811
BYD COMPANY LIMITED	CN	2720
CALSONIC KANSEI CORPORATION	JP	2932
CAMPAGNOLO S.R.L. - LA,SOCIETA' POTRA' PREMETERE ALLA DENOMINA- ZIONE LA PRECISAZIONE BREVETTI INTERNAZIONALI	IT	3092
CANON INC	JP	2823
CARL FREUDENBERG KG	DE	6820
CARRIER CORP	US	3030
CASIO COMPUTER CO LTD	JP	2652
CATALER CORPORATION	JP	2013
CATALYTIC DISTILLATION TECHNOLOGY	US	7112
CATERPILLAR INC	US	2892
CHEVRON CORP	US	1920
CHINA PETROCHEMICAL INTERNATIONAL CO., LTD.	CN	4618

Nome da empresa (Orbis)	País	Nace
CISCO TECHNOLOGY INC	US	ND
CITIZEN ELECTRONICS CO.,LTD.	JP	2611
CLARIANT AG	CH	2012
COGNIS DEUTSCHLAND GMBH & CO. KG	DE	ND
COGNIS IP MANAGEMENT GMBH	DE	7490
COMBUSTION ENGINEERING	US	7112
COMPAGNIE DE SAINT GOBAIN SA	FR	2311
COMPAGNIE GENERALE DE MANUTENTION	FR	5224
CONOCOPHILLIPS CO	US	1920
CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH	DE	4652
CONTINENTAL EMITEC VERWALTUNGS GMBH	DE	7010
CORNING INC	US	2434
COVESTRO DEUTSCHLAND AG	DE	2016
CREAVIS GESELLSCHAFT FUR TECHNOLOGIE UND INNOVATION MBH	DE	ND
CREDENCE SYSTEMS CORP	US	2651
CREE INC	US	2611
CRF SOCIETA' CONSORTILE PER AZIONI O IN FORMA SVILUPPATA CENTRO RICERCHE	IT	7219
FIAT SOCIETA' CONSORTILE PER AZIONI		
DAI NIPPON PRINTING CO LTD	JP	5811
DAIKIN INDUSTRIES LIMITED	JP	2825
DAIMLER AG	DE	2910
DANA HOLDING CORP	US	2932
DEERE & CO	US	2830
DEGREMONT	FR	7112
DELPHI TECHNOLOGY INC	US	6201
DELTA ELECTRONICS INC	TW	2611
DENSO CORPORATION	JP	2932
DEUTSCHE POST AG	DE	5320
DEUTSCHE TELEKOM AG	DE	6190
DONALDSON CO INC	US	2825
DONGBU DAEWOO ELECTRONICS CORPORATION	KR	2751
DONGBU HITEK CO.,LTD.	KR	2015
DOW CHEMICAL CO	US	2016
DUPONT NUTRITION BIOSCIENCES APS	DK	1089
EASTMAN KODAK CO	US	2670
EATON CORP	US	2829
EBARA CORPORATION	JP	2813
EBAY INC	US	7490
EBERSPAECHER CLIMATE CONTROL SYSTEMS GMBH & CO. KG	DE	2825

Nome da empresa (Orbis)	País	Nace
ECOLAB INC	US	2041
EI DU PONT DE NEMOURS & CO	US	2016
ELECTRONIC DATA SYSTEMS, LLC	US	6209
ELPIDA MEMORY USA INC	US	2611
ENGELHARD CORP	US	2013
ENI SPA	IT	0610
ENPLAS CORPORATION	JP	2229
EPISTAR CORPORATION	TW	2611
EPIVALLEY CO.,LTD.	KR	2630
EQUOS RESEARCH CO.,LTD.	JP	8299
EVEREADY BATTERY COMPANY, INC.	US	ND
EVERLIGHT ELECTRONICS CO., LTD.	TW	2611
EVONIK DEGUSSA GMBH	DE	7210
EVONIK INDUSTRIES AG	DE	2059
EXXON MOBIL CORP	US	1920
EXXONMOBIL RESEARCH & ENGINEERING COMPANY	US	1920
FIRST DATA CORP	US	6311
FLUKE CORP	US	2651
FORD GLOBAL TECH INC	US	2910
FORD GLOBAL TECHNOLOGIES INC	US	2910
FORD MOTOR CO	US	2910
FORMFACTOR INC	US	2611
FORSCHUNGSZENTRUM JUELICH GMBH	DE	7211
FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE GESELLSCHAFT MIT BESCHRAENKTER HAFTUNG	DE	7219
FRAMATOME GROUP	FR	2651
FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG	DE	7210
EINGETRAGENER VEREIN		
FREESCALE SEMICONDUCTOR, INC.	US	2611
FUJI ELECTRIC CO., LTD.	JP	2711
FUJI HEAVY INDUSTRIES LIMITED	JP	2910
FUJI XEROX CO.,LTD.	JP	2899
FUJIFILM CORPORATION	JP	2670
FUJIFILM HOLDINGS CORP.	JP	2670
FUJITSU LIMITED	JP	2620
FUJITSU TEN LIMITED	JP	2790
FURUKAWA ELECTRIC CO LTD	JP	2434
FUZHUN PRECISION INDUSTRY (SHENZHEN) CO., LTD.	CN	2611
GAMESA INNOVATION AND TECHNOLOGY SL	ES	2711
GE MEDICAL SYSTEMS GLOBAL TECHNOLOGY COMPANY, LLC	US	ND

Nome da empresa (Orbis)	País	Nace
GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS LLC	US	2013
GENENCOR INTERNATIONAL INC	US	2120
GENENTECH INC	US	2120
GENERAL ELECTRIC CO	US	2790
GENERAL MOTORS CO	US	2910
GIESECKE & DEVRIENT GESELLSCHAFT MIT BESCHRAENKTER HAFTUNG	DE	1812
GILLETTE CO	US	2571
GLAXO GROUP LIMITED	GB	7010
GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC	US	2910
GOOGLE INC	US	6311
GRACE W R & CO	US	4519
HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC	US	ND
HAMAMATSU PHOTONICS KK	JP	2611
HARMAN BECKER AUTOMOTIVE SYSTEMS GMBH	DE	2640
HENKEL AG & CO. KGAA	DE	2041
HGST NETHERLANDS B.V.	NL	4651
HILTI AKTIENGESELLSCHAFT	LI	2841
HINO MOTORS LTD	JP	2920
HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD.	JP	2892
HITACHI DISPLAY DEVICES,LTD.	JP	2611
HITACHI KOKI CO LTD	JP	2849
HITACHI LTD	JP	2712
HITACHI MAXELL LIMITED	JP	1820
HITACHI MEDICAL CORPORATION	JP	2660
HOECHST GMBH	DE	7010
HOECHST SCHERING AGREVO GMBH	DE	2020
HON HAI PRECISION INDUSTRY CO., LTD.	TW	2620
HONDA MOTOR CO LTD	JP	3091
HONEYWELL INTERNATIONAL INC	US	2932
HONGFUJIN PRECISION INDUSTRY (SHENZHEN) CO., LTD.	CN	2620
HP INC.	US	2620
HUAWEI TECHNOLOGY CO, LTD.	CN	4690
HUGHES AIRCRAFT CO	US	2651
HUMAN GENOME SCIENCES, INC.	US	7211
HYUNDAI MICROELECTRONICS CO.,LTD.	KR	2611
HYUNDAI MOTOR CO.,LTD.	KR	2910
IBIDEN CO LTD	JP	2611
IBM CANADA	CA	2823
IDEMITSU KOSAN CO., LTD.	JP	1920

Nome da empresa (Orbis)	País	Nace
IHI CORP.	JP	2899
IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES LIMITED	GB	2030
INCYTE PHARMACEUTICALS INC	US	2120
INFINEON TECHNOLOGIES AG	DE	2611
INTEL CORP	US	2611
INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORP	US	2823
ISIS INNOVATION LIMITED	GB	8299
ISP INVESTMENTS INC	US	4675
ISUZU MOTORS LIMITED	JP	2910
JATCO LTD.	JP	2932
JGC CORPORATION	JP	4329
JOHNSON MATTHEY PLC	GB	2059
JX NIPPON OIL & ENERGY CORPORATION	JP	1920
KANEKA CORPORATION	JP	2016
KAO CORPORATION	JP	2041
KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES LTD	JP	3099
KIMBERLY-CLARK CORP	US	1724
KOBE STEEL LIMITED	JP	2410
KOITO MANUFACTURING CO LTD	JP	2931
KOMATSU LTD	JP	2892
KONINKLIJKE PHILIPS N.V.	NL	2751
KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION	KR	3511
KUBOTA CORPORATION	JP	2830
KURITA WATER INDUSTRIES LTD	JP	2899
KYOCERA CORPORATION	JP	2611
L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE	FR	2011
LANXESS DEUTSCHLAND GMBH	DE	2016
LG CHEM CO.,LTD.	KR	2059
LG DISPLAY CO.,LTD.	KR	2630
LG ELECTRONICS INC.	KR	2640
LG INNOTEK CO.,LTD.	KR	2611
LINDE AG	DE	2011
LI-TEC BATTERY GMBH	DE	2720
LM GLASFIBER A/S	DK	ND
L'OREAL SA	FR	2042
LUBRIZOL CORP	US	2014
LUMILEDS LIGHTING US LLC	US	4652
MAHLE BEHR GMBH & CO. KG	DE	2932

Nome da empresa (Orbis)	País	Nace
MAKITA CORPORATION	JP	2824
MAN TRUCK & BUS AG MAN ACADEMY-TECHNISCHES T TRAINING ABT HAAS	DE	2910
MANN + HUMMEL GMBH	DE	2932
MAZDA MOTOR CORPORATION	JP	2910
MEDICAL RESEARCH COUNCIL TECHNOLOGY	GB	7211
MERCK & CO INC	US	2120
MERCK PATENT GESELLSCHAFT MIT BESCHRAENKTER HAFTUNG	DE	7490
MESSER HOLDING GMBH	DE	7010
METALLGESELLSCHAFT AG	DE	7010
MICRON TECHNOLOGY INC	US	2611
MICRONICS JAPAN CO LTD	JP	2651
MICROSOFT CORP.	US	5829
MINNESOTA MINING MANUFACTURING	US	ND
MIRAE CO.,LTD.	KR	2932
MITSUBISHI CORPORATION	JP	4649
MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION	JP	2790
MITSUBISHI FUSO TRUCK AND BUS CORPORATION	JP	2910
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD	JP	2899
MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION	JP	2932
MITSUBISHI MOTORS CORPORATION	JP	2910
MITSUI ENGINEERING & SHIPBUILDING CO LTD	JP	3011
MITSUMI ELECTRIC CO LTD	JP	2611
MOBIL OIL CO	US	4671
MONSANTO CO	US	2020
MOTOROLA SOLUTIONS INC	US	2630
MURATA MANUFACTURING CO. LIMITED	JP	2611
NALCO CHEMICAL CO	US	2041
NAVER CORPORATION	KR	6209
NCR CORP	US	2823
NCR INTERNATIONAL INC. LIMITED	US	ND
NEC CORPORATION	JP	2620
NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR TOEGEPAST-NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK TNO	NL	7219
NGK INSULATORS LTD.	JP	2343
NHK SPRING CO LTD	JP	2593
NICHIA CHEMICAL INDUSTRIES CO., LTD.	JP	ND
NICHIAS CORPORATION	JP	2059
NICHIHA CORPORATION	JP	2331
NIPPON DENSO CO.,LTD.	JP	1393

Nome da empresa (Orbis)	País	Nace
NIPPON SHEET GLASS CO LTD	JP	2311
NIPPON SHOKUBAI CO LTD	JP	2059
NIPPON SOKEN,INC.	JP	2932
NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION	JP	2410
NISSAN DIESEL MOTOR CO LTD	JP	ND
NISSAN MOTOR CO LTD	JP	2910
NISSHINBO HOLDINGS INC.	JP	1310
NITTO DENKO CORPORATION	JP	2059
NOKIA OYJ	FI	2630
NORDEX ENERGY GMBH	DE	7219
NORSK HYDRO ASA	NO	2442
NOVARTIS AG	CH	2120
NOVO NORDISK A/S	DK	2120
NTN CORPORATION	JP	2815
NTT DOCOMO INC	JP	6190
OKI DATA CORPORATION	JP	2620
OKI ELECTRIC INDUSTRY CO LTD	JP	2630
OLYMPUS CORP.	JP	2670
OMRON CORPORATION	JP	2611
ORANGE	FR	6190
ORGANO CORPORATION	JP	2899
OSRAM GMBH	DE	2790
OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GESELLSCHAFT MIT BESCHRAENKTER HAFTUNG	DE	2611
OTV	FR	4311
OUTOKUMPU OYJ	FI	2410
PACKER INTERNATIONAL	US	6201
PALO ALTO RESEARCH CENTER INC	US	7490
PANASONIC CORPORATION	JP	2751
PANASONIC INDUSTRIAL DEVICES SUNX CO., LTD.	JP	2611
PATENT-TREUHAND-GESELL- SCHAFT FUER ELEKTRISCHE GLUEHLAMPEN MBH	DE	8299
PETROLEO BRASILEIRO S.A.	BR	0610
PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA	FR	2910
PFIZER LIMITED	GB	4646
PHILIPS GMBH	DE	6420
PHILIPS INTELLECTUAL PROPERTY & STANDARDS GMBH	DE	7740
PHILIPS LUMILEDS LIGHTING CO	US	4652
PHILLIPS PETROLEUM CO	US	1920
PIONEER CORPORATION	JP	2640
PIONEER HI BRED INTERNATIONAL	US	2016

Nome da empresa (Orbis)	País	Nace
PITNEY BOWES INC	US	2823
PLASTIC OMNIUM SA	FR	2229
PORSCHE AUTOMOBIL HOLDING SE	DE	2910
PRAXAIR TECHNOLOGY, INC.	US	ND
PROCTER & GAMBLE CO	US	2041
QINETIQ LIMITED	GB	7120
QUALCOMM INC	US	2630
RAYTHEON CO	US	2651
REHAU AG + CO.	DE	2059
RENAULT	FR	2910
RENAULT SAS	FR	2910
RENESAS ELECTRONICS CORPORATION	JP	2611
RHONE POULENC AGROCHIMIE SA	FR	ND
RHONE POULENC CHIMIE SA	FR	ND
RICOH ESPOIR K.K.	JP	2823
RIKEN CORPORATION	JP	2932
RINNAI CORPORATION	JP	2751
ROBERT BOSCH GESELLSCHAFT MIT BESCHRAENKTER HAFTUNG	DE	2932
ROCKWOOL MINERALWOLLE GMBH FLECHTINGEN	DE	2399
ROHDE & SCHWARZ GMBH & CO. KOMMANDITGESELLSCHAFT	DE	2790
ROHM & HAAS CO	US	2016
ROHM COMPANY LIMITED	JP	2611
ROLLS-ROYCE PLC	GB	2811
SAES GETTERS SPA	IT	2651
SAFRAN	FR	3030
SAINT GOBAIN RECHERCHE	FR	7219
SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO.,LTD.	KR	2611
SAMSUNG ELECTRONICS CO.,LTD.	KR	2611
SAMSUNG GWANGJU ELECTRONICS CO.	KR	2825
SAMSUNG MOBILE DISPLAY CO.,LTD.	KR	2611
SAMSUNG SDI CO.,LTD.	KR	2611
SANDEN HOLDINGS CORPORATION	JP	2932
SANKEN ELECTRIC CO LTD	JP	2611
SANSHIN KOGYO K.K.	JP	4322
SANYO ELECTRIC CO.,LTD.	JP	2720
SAP SE	DE	5829
SCANIA CV AKTIEBOLAG	SE	2910
SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP	US	0910
SCHOTT AG	DE	2319

Nome da empresa (Orbis)	País	Nace
SCHUELKE & MAYR GMBH	DE	2120
SEIKO EPSON CORPORATION	JP	2611
SEIKO INSTRUMENTS INC.	JP	2611
SELLAFIELD LIMITED	GB	9609
SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO.,LTD.	JP	2611
SEMIKRON ELEKTRONIK GMBH & CO. KG	DE	2790
SENVION DEUTSCHLAND GMBH	DE	3511
SEOUL SEMICONDUCTOR CO.,LTD.	KR	2611
SEOUL VIOSYS CO.,LTD.	KR	2611
SHARP CORPORATION	JP	2611
SHELL INTERNATIONALE RESEARCH MAATSCHAPPIJ B.V.	NL	7219
SHELL OIL CO	US	0610
SHIMADZU CORPORATION	JP	2651
SHIMANO, K.K.	JP	4778
SHIN-ETSU CHEMICAL CO., LTD.	JP	2016
SHIN-ETSU HANDOTAI CO.,LTD.	JP	2611
SHINKO ELECTRIC INDUSTRIES CO., LTD.	JP	2611
SHOWA DENKO K K	JP	2059
SHOWA SHELL SEKIYU K K	JP	1920
SIEMENS AG	DE	2811
SILTRONIC AG	DE	2790
SK HYNIX INC.	KR	2611
SK INNOVATION CO., LTD.	KR	0610
SMITHKLINE BEECHAM CORP GSK	US	2120
SMITHKLINE BEECHAM LIMITED	GB	2110
SOLVAY SA	BE	2120
SONY CORPORATION	JP	2640
SONY ERICSSON MOBILE COMMUNICATIONS AB C/O TELEFONAKTIEBOLAGET LM	SE	ND
STANLEY ELECTRIC CO LTD	JP	2740
STMICROELECTRONICS N.V.	NL	2611
STMICROELECTRONICS S.R.L.	IT	2610
STMICROELECTRONICS SA	CH	2611
SUED-CHEMIE AKTIENGESELLSCHAFT	DE	2059
SUMCO CORPORATION	JP	2611
SUMITOMO CHEMICAL COMPANY LIMITED	JP	2059
SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.	JP	2434
SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES LTD	JP	2891
SUMITOMO WIRING SYSTEMS,LTD.	JP	2790
SUN MICROSYSTEMS INC	US	2620

Nome da empresa (Orbis)	País	Nace
SUNEDISON INC	US	2611
SUOMINEN CORPORATION	FI	ND
SUZUKI MOTOR CORPORATION	JP	2910
SYNGENTA LIMITED	GB	7010
SYNGENTA PARTICIPATIONS AG	CH	6499
TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING COMPANY LIMITED	TW	2611
TDK CORPORATION	JP	2611
TEKTRONIX INC	US	2651
TELEFON AB LM ERICSSONS ARBETARES HJALPFOND	SE	6499
TERADYNE INC	US	2651
TEXACO INC	US	1920
TEXAS INSTRUMENTS INC	US	2611
THALES SA	FR	3030
THE BOC GROUP LIMITED	GB	7010
THINKWARE SYSTEMS CORP.	KR	2630
TOKYO ELECTRON LIMITED	JP	2611
TOSHIBA CORPORATION	JP	2611
TOSHIBA TEC CORPORATION	JP	2620
TOYODA GOSEI INTERIOR MANUFACTURING K.K.	JP	2221
TOYOTA CENTRAL R&D LABS.,INC.	JP	7211
TOYOTA INDUSTRIES CORPORATION	JP	2910
TOYOTA MOTOR CORPORATION	JP	2910
UHDE GMBH	DE	6420
UMICORE AG & CO. KG	DE	3212
UNILEVER PLC	GB	1089
UNITED TECHNOLOGIES CORP	US	3030
UNIVERSAL ENTERTAINMENT CORPORATION	JP	2829
UTC POWER CORP	US	3511
VAILLANT GROUP AUSTRIA GMBH	AT	4674
VARIAN MEDICAL SYSTEMS INC	US	2660
VERIGY LTD.	SG	2611
VESTAS WIND SYSTEMS A/S	DK	3511
VIA TECHNOLOGIES, INC.	TW	2611
VISA USA INC	US	6491
VISTEON GLOBAL TECHNOLOGIES, INC.	US	ND
VODAFONE GROUP PUBLIC LIMITED COMPANY	GB	6190
VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU GMBH	AT	ND
VOITH PATENT GMBH	DE	7490
VOLKSWAGEN AG	DE	2910

Nome da empresa (Orbis)	País	Nace
VOLVO LASTVAGNAR AKTIEBOLAG	SE	2910
WARTSILA OYJ	FI	2815
WESTINGHOUSE ELECTRIC CO	US	2611
WISCONSIN ALUMNI RESEARCH FOUNDATION	US	7211
XANAUI INFORMATICS CO.,LTD.	JP	2790
XEROX CORP	US	7490
YAHOO! INC	US	6201
YAMAHA CORPORATION	JP	3220
YAMAHA MOTOR CO LTD	JP	3091
YANMAR CO.,LTD.	JP	2811
YAZAKI CORPORATION	JP	4531
YEDA RESEARCH & DEVELOPMENT CO. LTD.	IL	7490
YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION	JP	2829
ZF FRIEDRICHSHAFEN AG	DE	4519

Fonte: Orbis (2013). Nota: ND – Informações não disponíveis na base de dados.

	AT	BE	BR	CA	CH	CN	DE	DK	ES	FI	FR	GB	IL	IT	JP	KR	LI	NL	NO	SE	SG	TW	US
LV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MD	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ME	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MX	0,7	1,9	2,2	0,5	1,9	0,0	1,2	1,3	0,5	1,2	0,8	1,4	1,7	0,5	0,2	0,1	0,5	0,1	0,9	0,2	0,0	0,0	1,5
MY	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2	0,0	0,7	1,1	0,0	0,3
NI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NL	0,3	0,4	0,4	0,0	0,1	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,5	0,0	3,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4
NO	0,3	2,2	2,6	0,1	1,2	0,4	0,6	0,9	0,0	0,8	0,4	1,1	2,0	0,3	0,1	0,0	1,9	0,9	10,7	0,5	0,0	0,0	1,0
NZ	0,0	1,1	0,0	0,1	0,7	0,0	0,5	1,9	0,0	0,1	0,3	1,3	1,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	1,4	0,2	0,0	0,0	0,5
OA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PE	0,0	0,1	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PL	1,1	1,9	0,0	0,0	1,4	0,0	1,0	0,7	0,0	1,5	0,6	1,1	0,4	0,2	0,1	0,0	2,4	0,3	0,5	0,2	0,0	0,0	0,3
PT	0,3	1,5	1,5	0,0	0,8	0,0	0,5	0,8	0,0	0,4	0,9	0,8	0,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,2	1,7	0,1	0,0	0,0	0,2
RO	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
RS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RU	1,7	1,4	0,7	0,0	1,3	0,9	1,1	0,3	0,0	0,9	0,8	0,7	1,1	1,5	0,3	0,6	0,0	0,5	2,8	0,2	0,0	0,0	0,6
SE	0,0	0,0	0,4	0,0	1,1	0,0	0,2	0,0	0,0	1,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	1,9	0,0	0,7	21,7	0,0	0,0	0,1
SG	0,0	0,3	0,4	1,0	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,2	0,3	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	1,1	0,5
SI	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SK	1,6	0,7	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,3	0,6	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,1
SU	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
SV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TR	1,2	0,1	0,0	0,0	0,5	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,2	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,0	0,0	0,2
TW	1,3	0,7	0,0	0,7	1,1	0,6	1,2	0,0	0,0	0,2	0,3	0,4	0,0	1,9	4,0	2,6	0,5	2,1	0,2	0,5	13,7	9,0	2,0
UA	0,4	0,3	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
US	7,9	8,5	24,2	13,5	13,0	52,1	14,2	12,6	16,9	12,3	11,4	9,7	13,1	20,4	33,5	35,8	16,5	10,0	8,6	12,0	4,7	51,5	10,7
UY	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
YU	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZA	3,3	0,5	0,7	0,0	1,2	0,0	1,2	0,3	0,0	1,6	1,6	2,7	2,0	0,2	0,1	0,0	0,5	0,9	0,9	0,1	0,0	0,0	1,2
ZM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZW	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	100																						

Fonte: EPO (2012). Elaboração própria.

3.2 Distribuição das firmas por atividades econômicas [vertical] e setores tecnológicos [horizontal] (em %) total

Nace	EA	TR	CE	GR	AG	AA	EN	Total
0610	71,7	1,1	1,9	22,5	0,9	1,9	0,0	100
0910	13,1	0,0	43,4	32,0	0,0	11,4	0,0	100
1089	61,9	0,0	1,7	10,8	18,0	7,7	0,0	100
1310	72,4	3,9	14,4	7,7	1,7	0,0	0,0	100
1393	8,0	5,5	23,9	44,8	0,0	17,8	0,0	100
1724	3,6	0,0	0,9	33,5	15,2	46,4	0,4	100
1812	4,0	2,4	7,2	0,0	0,0	86,4	0,0	100
1820	55,8	7,8	29,9	1,3	0,0	5,2	0,0	100
1920	84,5	0,1	0,9	11,3	1,7	1,5	0,0	100
2011	40,9	0,4	0,5	56,0	0,9	1,2	0,1	100
2012	50,3	0,0	0,7	3,4	45,6	0,0	0,0	100
2013	29,6	0,1	0,1	58,6	5,7	0,6	5,3	100
2014	8,0	0,0	0,1	1,6	90,3	0,0	0,0	100
2015	40,0	0,0	20,0	0,0	40,0	0,0	0,0	100
2016	41,7	0,0	6,1	18,0	33,3	0,9	0,0	100
2020	10,1	0,0	0,0	3,6	85,8	0,5	0,0	100
2030	22,1	0,0	0,3	28,2	47,4	2,0	0,0	100
2041	12,9	0,2	1,0	35,4	43,7	6,9	0,0	100
2042	1,3	0,0	2,7	2,7	45,3	48,0	0,0	100
2059	29,8	0,4	12,0	24,4	33,1	0,5	0,0	100
2110	50,8	0,0	3,9	10,1	35,3	0,0	0,0	100
2120	23,7	0,0	0,7	9,2	65,2	1,2	0,0	100
2221	1,4	0,2	97,7	0,7	0,0	0,0	0,0	100
2229	14,3	1,5	41,2	29,9	0,9	12,2	0,0	100
2311	59,0	0,0	27,5	8,2	0,4	4,9	0,0	100
2319	70,1	0,0	21,6	0,0	7,2	0,0	1,0	100
2331	0,0	0,0	93,9	2,0	4,0	0,0	0,0	100
2343	20,6	0,6	5,3	71,3	1,4	0,6	0,2	100
2399	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100
2410	43,2	1,8	7,9	39,5	1,0	5,9	0,6	100
2434	31,9	0,3	38,4	24,6	0,2	4,4	0,1	100
2442	44,0	0,0	6,7	41,8	7,1	0,0	0,4	100
2571	90,9	3,0	5,4	0,0	0,7	0,0	0,0	100
2593	9,2	0,0	83,5	0,0	0,0	7,3	0,0	100
2610	28,3	7,8	60,8	0,0	0,0	2,4	0,6	100
2611	31,1	1,5	42,1	5,0	0,1	17,6	2,6	100
2620	8,6	1,0	17,8	0,8	0,0	71,7	0,0	100
2630	9,1	3,7	23,3	0,5	0,0	63,4	0,0	100
2640	17,0	2,5	17,0	1,4	0,1	61,9	0,0	100
2651	5,0	0,6	80,1	2,9	0,0	3,2	8,1	100
2652	49,8	0,3	6,7	0,5	0,0	42,7	0,0	100
2660	0,0	0,0	93,4	0,0	0,0	6,6	0,0	100
2670	13,5	1,1	13,1	6,3	1,8	64,3	0,0	100
2711	65,4	2,5	19,5	3,3	0,2	8,8	0,4	100
2712	16,1	3,3	11,7	6,3	0,1	58,1	4,4	100
2720	47,0	6,2	21,7	13,3	0,4	11,3	0,0	100
2740	1,6	0,0	97,3	0,0	0,0	1,0	0,0	100

Nace	EA	TR	CE	GR	AG	AA	EN	Total
2751	26,4	3,7	24,1	6,2	0,3	39,3	0,0	100
2790	25,3	1,8	27,3	8,6	0,3	23,1	13,6	100
2811	25,4	1,4	30,0	13,8	0,0	23,9	5,5	100
2813	40,3	0,4	1,5	49,0	0,6	6,3	2,0	100
2815	56,3	9,1	3,6	16,2	0,0	14,2	0,5	100
2823	13,8	1,2	11,6	1,4	0,1	72,0	0,0	100
2824	0,8	35,2	64,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100
2825	31,3	0,6	2,5	59,1	0,2	6,3	0,0	100
2829	4,5	26,5	27,2	7,6	0,0	34,2	0,0	100
2830	14,3	26,3	4,6	41,0	0,0	13,8	0,0	100
2841	19,8	12,9	59,4	7,9	0,0	0,0	0,0	100
2849	1,5	27,3	70,5	0,8	0,0	0,0	0,0	100
2891	21,0	14,3	3,8	49,5	0,0	11,4	0,0	100
2892	8,2	9,8	3,7	39,7	0,2	38,3	0,0	100
2899	30,9	1,8	3,6	41,0	0,6	17,6	4,6	100
2910	35,4	17,6	6,9	32,6	0,0	7,5	0,0	100
2920	1,0	5,4	4,9	87,7	0,0	1,0	0,0	100
2931	1,9	3,7	92,5	0,0	0,0	1,9	0,0	100
2932	23,4	10,2	14,4	32,3	0,4	19,3	0,1	100
3011	52,6	0,0	0,0	33,2	0,5	13,7	0,0	100
3030	34,6	2,2	14,6	13,7	0,0	34,8	0,2	100
3091	41,8	27,2	5,4	12,5	0,0	13,1	0,0	100
3092	0,0	97,1	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	100
3099	31,8	24,2	0,0	36,5	1,4	5,2	0,9	100
3212	46,7	0,0	0,0	53,3	0,0	0,0	0,0	100
3220	2,1	0,7	15,3	2,6	0,0	79,3	0,0	100
3250	42,6	1,0	13,1	19,7	9,4	14,2	0,0	100
3511	89,9	0,2	2,8	2,6	0,0	2,9	1,6	100
4311	15,9	0,0	0,0	81,8	2,3	0,0	0,0	100
4322	1,6	4,8	3,2	74,2	0,0	16,1	0,0	100
4329	73,3	18,8	0,0	6,9	0,0	0,0	1,0	100
4519	11,2	68,4	2,3	16,5	1,7	0,0	0,0	100
4531	8,6	13,1	64,2	1,6	0,0	12,4	0,0	100
4618	92,1	0,0	0,0	7,9	0,0	0,0	0,0	100
4646	52,9	0,0	0,0	0,0	47,1	0,0	0,0	100
4649	12,7	0,0	40,8	12,7	33,8	0,0	0,0	100
4651	0,0	0,0	78,3	4,3	0,0	17,4	0,0	100
4652	2,3	2,9	81,1	10,9	0,0	2,9	0,0	100
4671	76,7	0,0	0,4	21,1	0,2	1,5	0,2	100
4674	86,0	0,6	8,9	4,5	0,0	0,0	0,0	100
4675	3,3	0,0	0,0	0,1	96,5	0,0	0,0	100
4690	1,4	1,8	9,5	0,0	0,0	87,3	0,0	100
4778	2,3	88,5	4,5	0,0	0,0	4,8	0,0	100
5224	10,0	1,0	0,0	17,0	0,0	0,0	72,0	100
5320	0,0	1,5	1,2	0,0	0,0	97,3	0,0	100
5811	25,6	0,0	25,6	0,0	0,0	48,8	0,0	100
5829	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	99,5	0,0	100
6190	6,6	2,3	8,0	1,4	0,0	81,7	0,0	100

Nace	EA	TR	CE	GR	AG	AA	EN	Total
6201	34,4	2,0	16,8	9,2	0,0	37,5	0,1	100
6202	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100
6209	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100
6311	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	99,9	0,0	100
6419	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100
6420	30,2	0,6	36,3	27,9	0,0	4,9	0,0	100
6491	0,0	0,4	0,7	0,0	0,0	98,9	0,0	100
6499	7,3	2,3	10,7	0,0	35,4	44,4	0,0	100
6820	48,0	0,0	3,6	48,5	0,0	0,0	0,0	100
6831	50,3	1,2	30,5	11,4	0,0	0,0	6,6	100
6910	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100
7010	18,6	0,1	0,7	47,0	32,5	1,1	0,0	100
7112	26,1	0,7	3,0	28,8	0,0	3,2	38,2	100
7120	22,0	1,7	16,9	1,7	0,0	55,9	1,7	100
7210	59,2	1,9	8,2	24,5	2,7	3,4	0,0	100
7211	66,7	0,6	11,2	14,7	2,4	1,5	2,9	100
7219	41,3	3,5	9,9	30,8	4,2	9,9	0,4	100
7490	21,0	0,6	10,4	6,5	5,5	55,8	0,2	100
7740	3,5	0,5	71,5	1,5	0,0	23,0	0,0	100
8299	47,2	13,0	23,5	2,4	0,0	13,9	0,0	100
9609	18,9	0,0	2,5	28,8	0,0	0,0	49,8	100

Fonte: EPO (2012) e Orbis (2013). Elaboração própria. Nota: EA - Energias alternativas; TR – Transportes; CE – Conservação de energia; GR – Gerenciamento de resíduos; AG – Agricultura; AA – Aspectos administrativos, regulatórios ou design; EM – Energia nuclear.

ANEXO 4 – CÓDIGO DE PAÍSES

CO	Nome (em inglês)	CO	Nome (em inglês)
AF	Afghanistan	CX	Christmas Island
AX	Åland Islands	CC	Cocos (Keeling) Islands (the)
AL	Albania	CO	Colombia
DZ	Algeria	KM	Comoros (the)
AS	American Samoa	CD	Congo (the Democratic Republic of the)
AD	Andorra	CG	Congo (the)
AO	Angola	CK	Cook Islands (the)
AI	Anguilla	CR	Costa Rica
AQ	Antarctica	CI	Côte d'Ivoire
AG	Antigua and Barbuda	HR	Croatia
AR	Argentina	CU	Cuba
AM	Armenia	CW	Curaçao
AW	Aruba	CY	Cyprus
AU	Australia	CZ	Czechia
AT	Austria	DK	Denmark
AZ	Azerbaijan	DJ	Djibouti
BS	Bahamas (the)	DM	Dominica
BH	Bahrain	DO	Dominican Republic (the)
BD	Bangladesh	EC	Ecuador
BB	Barbados	EG	Egypt
BY	Belarus	SV	El Salvador
BE	Belgium	GQ	Equatorial Guinea
BZ	Belize	ER	Eritrea
BJ	Benin	EE	Estonia
BM	Bermuda	ET	Ethiopia
BT	Bhutan	FK	Falkland Islands (the) [Malvinas]
BO	Bolivia (Plurinational State of)	FO	Faroe Islands (the)
BQ	Bonaire, Sint Eustatius and Saba	FJ	Fiji
BA	Bosnia and Herzegovina	FI	Finland
BW	Botswana	FR	France
BV	Bouvet Island	GF	French Guiana
BR	Brazil	PF	French Polynesia
IO	British Indian Ocean Territory (the)	TF	French Southern Territories (the)
BN	Brunei Darussalam	GA	Gabon
BG	Bulgaria	GM	Gambia (the)
BF	Burkina Faso	GE	Georgia
BI	Burundi	DE	Germany
CV	Cabo Verde	GH	Ghana
KH	Cambodia	GI	Gibraltar
CM	Cameroon	GR	Greece
CA	Canada	GL	Greenland
KY	Cayman Islands (the)	GD	Grenada
CF	Central African Republic (the)	GP	Guadeloupe
TD	Chad	GU	Guam
CL	Chile	GT	Guatemala
CN	China	GG	Guernsey

CO	Nome (em inglês)
GN	Guinea
GW	Guinea-Bissau
GY	Guyana
HT	Haiti
HM	Heard Island and McDonald Islands
VA	Holy See (the)
HN	Honduras
HK	Hong Kong
HU	Hungary
IS	Iceland
IN	India
ID	Indonesia
IR	Iran (Islamic Republic of)
IQ	Iraq
IE	Ireland
IM	Isle of Man
IL	Israel
IT	Italy
JM	Jamaica
JP	Japan
JE	Jersey
JO	Jordan
KZ	Kazakhstan
KE	Kenya
KI	Kiribati
KP	Korea (the Democratic People's Republic of)
KR	Korea (the Republic of)
KW	Kuwait
KG	Kyrgyzstan
LA	Lao People's Democratic Republic (the)
LV	Latvia
LB	Lebanon
LS	Lesotho
LR	Liberia
LY	Libya
LI	Liechtenstein
LT	Lithuania
LU	Luxembourg
MO	Macao
MK	Macedonia (the former Yugoslav Republic of)
MG	Madagascar
MW	Malawi
MY	Malaysia
MV	Maldives
ML	Mali
MT	Malta
MH	Marshall Islands (the)
MQ	Martinique

CO	Nome (em inglês)
MR	Mauritania
MU	Mauritius
YT	Mayotte
MX	Mexico
FM	Micronesia (Federated States of)
MD	Moldova (the Republic of)
MC	Monaco
MN	Mongolia
ME	Montenegro
MS	Montserrat
MA	Morocco
MZ	Mozambique
MM	Myanmar
NA	Namibia
NR	Nauru
NP	Nepal
NL	Netherlands (the)
NC	New Caledonia
NZ	New Zealand
NI	Nicaragua
NE	Niger (the)
NG	Nigeria
NU	Niue
NF	Norfolk Island
MP	Northern Mariana Islands (the)
NO	Norway
OM	Oman
PK	Pakistan
PW	Palau
PS	Palestine, State of
PA	Panama
PG	Papua New Guinea
PY	Paraguay
PE	Peru
PH	Philippines (the)
PN	Pitcairn
PL	Poland
PT	Portugal
PR	Puerto Rico
QA	Qatar
RE	Réunion
RO	Romania
RU	Russian Federation (the)
RW	Rwanda
BL	Saint Barthélemy
SH	Saint Helena, Ascension and Tristan da Cunha
KN	Saint Kitts and Nevis
LC	Saint Lucia

CO	Nome (em inglês)	CO	Nome (em inglês)
MF	Saint Martin (French part)	TZ	Tanzania, United Republic of
PM	Saint Pierre and Miquelon	TH	Thailand
VC	Saint Vincent and the Grenadines	TL	Timor-Leste
WS	Samoa	TG	Togo
SM	San Marino	TK	Tokelau
ST	Sao Tome and Principe	TO	Tonga
SA	Saudi Arabia	TT	Trinidad and Tobago
SN	Senegal	TN	Tunisia
RS	Serbia	TR	Turkey
SC	Seychelles	TM	Turkmenistan
SL	Sierra Leone	TC	Turks and Caicos Islands (the)
SG	Singapore	TV	Tuvalu
SX	Sint Maarten (Dutch part)	UG	Uganda
SK	Slovakia	UA	Ukraine
SI	Slovenia	AE	United Arab Emirates (the)
SB	Solomon Islands	GB	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (the)
SO	Somalia	UM	United States Minor Outlying Islands (the)
ZA	South Africa	US	United States of America (the)
GS	South Georgia and the South Sandwich Islands	UY	Uruguay
SS	South Sudan	UZ	Uzbekistan
ES	Spain	VU	Vanuatu
LK	Sri Lanka	VE	Venezuela (Bolivarian Republic of)
SD	Sudan (the)	VN	Viet Nam
SR	Suriname	VG	Virgin Islands (British)
SJ	Svalbard and Jan Mayen	VI	Virgin Islands (U.S.)
SZ	Swaziland	WF	Wallis and Futuna
SE	Sweden	EH	Western Sahara*
CH	Switzerland	YE	Yemen
SY	Syrian Arab Republic	ZM	Zambia
TW	Taiwan (Province of China)	ZW	Zimbabwe
TJ	Tajikistan		

Fonte: UNCTAD. Disponível em: <<http://unctadstat.unctad.org/>>. Acesso em 18 jan. 2016.

ANEXO 5 – CLASSIFICAÇÃO DE ATIVIDADES ECONÔMICAS

Classificação de atividades econômicas da Comunidade Europeia – Revisão 2.

Seção	Descrição
A	Agropecuária
B	Indústrias extrativas
C	Indústrias de transformação
D	Produção e distribuição de eletricidade, gás, vapor e ar frio
E	Captação, tratamento e distribuição de água; saneamento, gestão de resíduos e despoluição
F	Construção civil
G	Comércio; manutenção de veículos automotores
H	Transportes e armazenagem
I	Atividades de alojamento e restauro
J	Informação e comunicação
K	Atividades financeiras e de seguros
L	Atividades imobiliárias
M	Atividades de consultoria, científicas, técnicas e similares
N	Atividades administrativas e dos serviços de apoio
O	Administração pública e defesa; segurança social obrigatória
P	Educação
Q	Saúde humana e ação social
R	Atividades recreativas, artísticas e espetáculos
S	Outros serviços
T	Atividades das famílias empregadoras de pessoal doméstico; atividades de produção de bens e serviços pelas famílias para uso próprio
U	Atividades dos organismos internacionais e outras instituições extraterritoriais

Fonte: EuroStat. Disponível em: <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>>. Acesso em 29 mai. 2015.